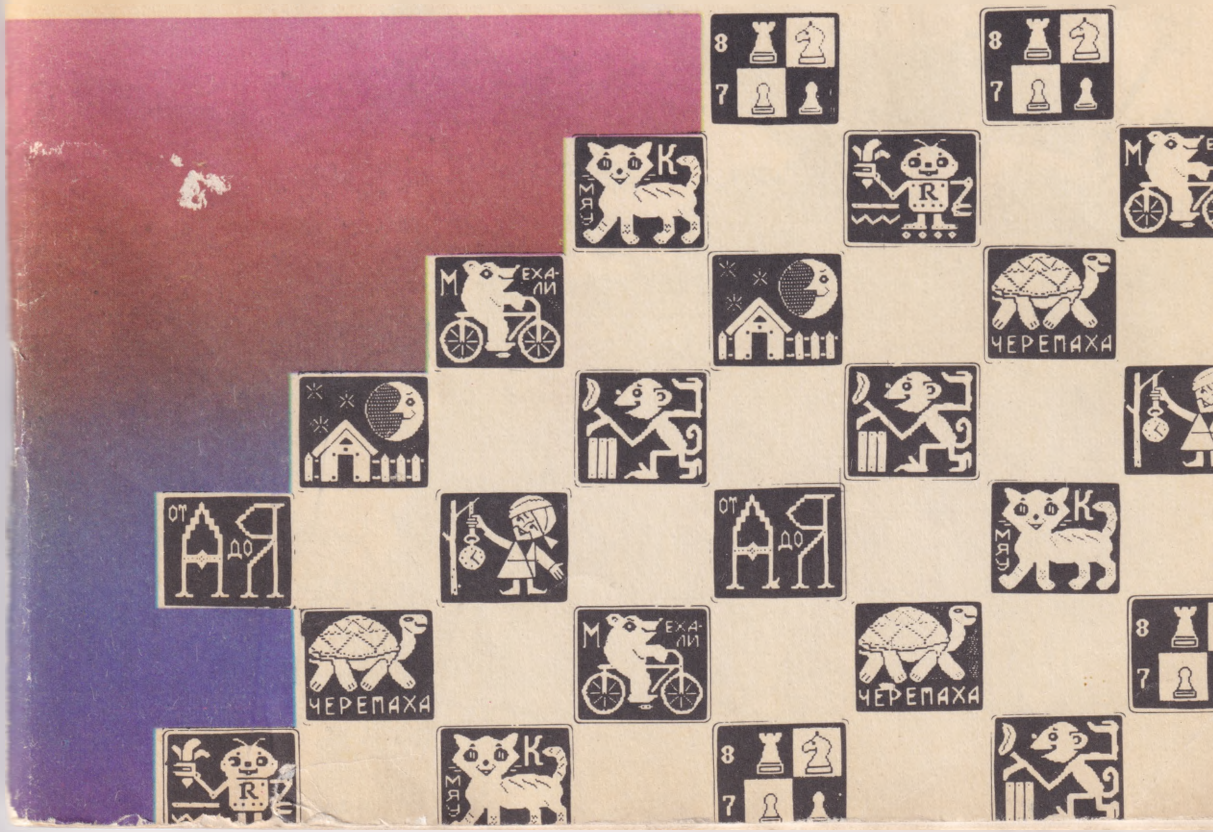
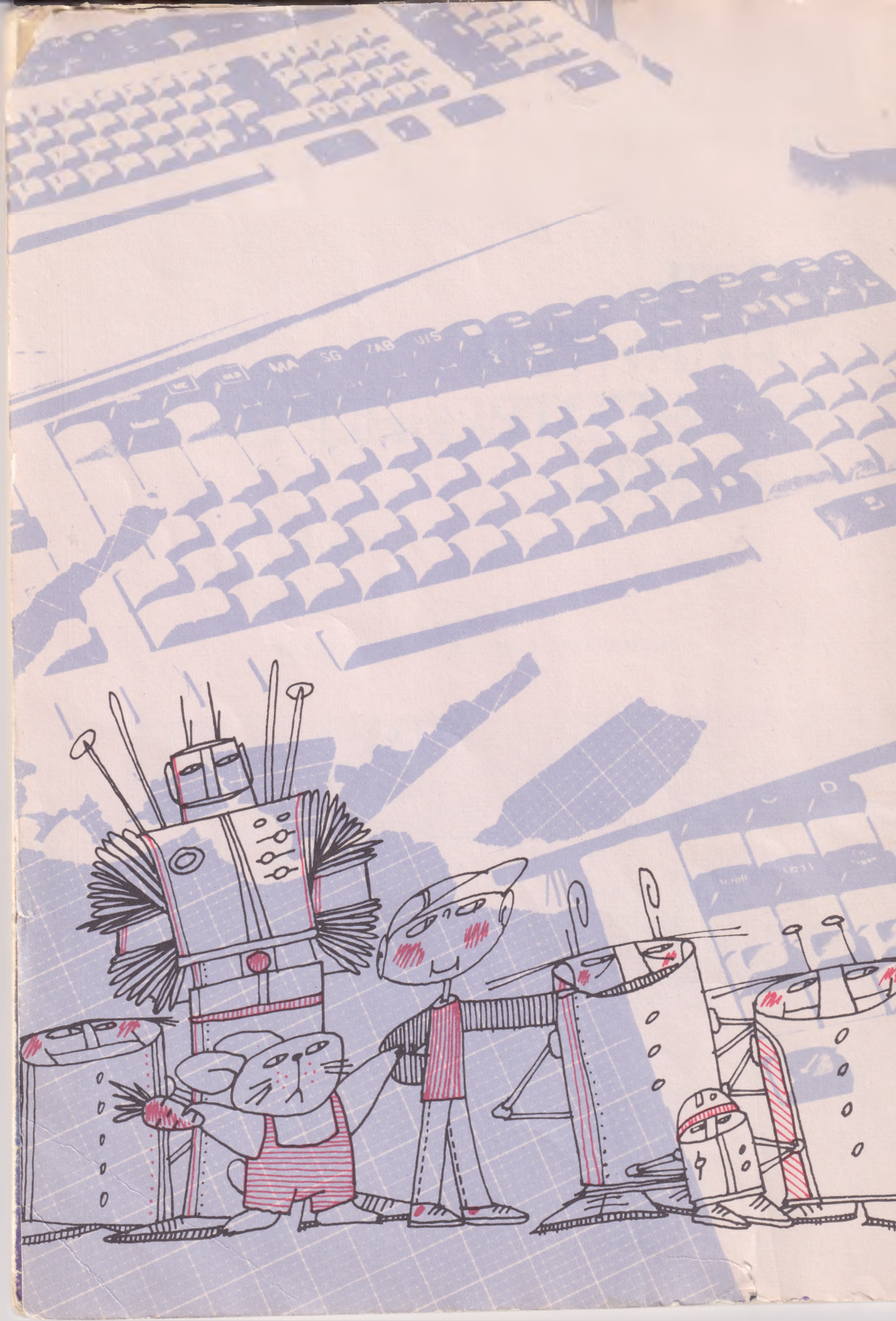
ЛЮДМИЛА
ЛИТВИНЦЕВА

СЕМЬ ТАЛАНТОВ ИСКУССТВЕННОГО РАЗУМА

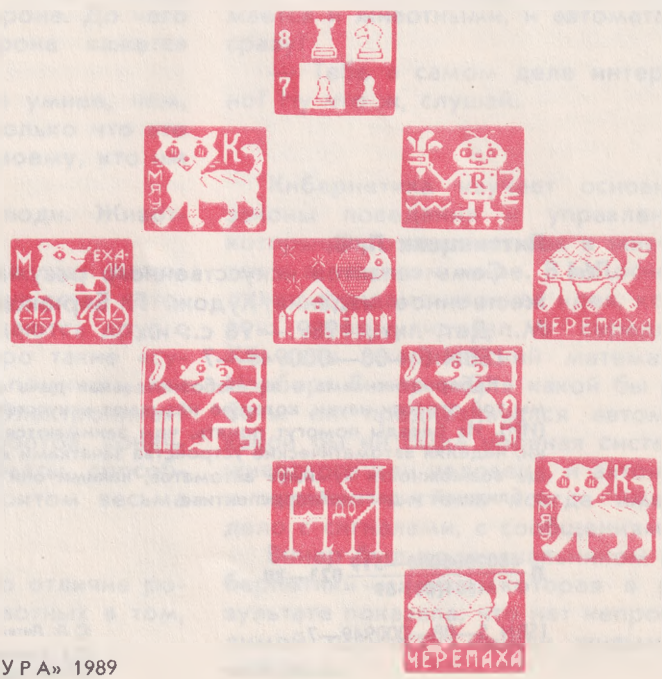




ЛЮДМИЛА
ЛИТВИНЦЕВА

СЕМЬ ТАЛАНТОВ ИСКУССТВЕННОГО РАЗУМА

Научно-художественное
издание



МОСКВА
«ДЕТСКАЯ ЛИТЕРАТУРА» 1989

ББК 32.813
Л64

Рецензенты:
доктор технических наук, профессор
Д. А. Поспелов,
кандидат филологических наук
Е. Э. Разлогова.

Художники:
Г. Бирюков, Т. Чугаева

Литвинцева Л. В.

Л64 Семь талантов искусственного разума: Научно-художественное издание/Худож. Г. Бирюков, Т. Чугаева.— М.: Дет. лит., 1989.— 96 с.: ил.

ISBN 5—08—000949—7

Кибернетик-мама и ее любознательная дочь обсуждают проблемы той отрасли науки, которую называют искусственным интеллектом (ИИ). Их беседы помогут понять, чем занимаются ученые-кибернетики, наделяя автоматические устройства зачатками «ума», каковы вообще возможности «умных» автоматов, какими они видятся сегодня — в ближней и дальней перспективе.

Л $\frac{4802000000—519}{M101(03)-89}$ 023—89

ББК 32.813

ISBN 5—08—000949—7

© Л. Литвинцева, текст, 1989
© Г. Бирюков, иллюстрации, 1989
© Т. Чугаева, иллюстрации, оформление, 198

ВМЕСТО ВВЕДЕНИЯ

— Сова,— сказал Кролик деловито,— у нас с тобой есть мозги. У остальных — опилки. Если в этом Лесу кто-то должен думать, а когда я говорю «думать», я имею в виду думать *по-настоящему*, то это наше с тобой дело.

— Да,— сказала Сова,— я этим и занимаюсь.

(А. А. Милн. «Винни-Пух и все-все-все»)

Тихий летний вечер — как подарок в череде дней, когда не переставал дождь. Мы с дочкой идем по проспекту. Он скатывается вниз, к памятнику первому космонавту, к центру. Рабочий ритм спал, люди идут неторопливо, купаясь в вечернем тепле, впитывая в себя природу, такую живую, красивую, добрую.

— Видишь фонарь,— спрашивает меня Настя,— вон там, между домами? На нем — ворона. До чего важная! Правда, ворона кажется умной?

— Да, на вид она умнее, чем, скажем, курица. Но только что это такое — ум? Как по-твоему, кто им обладает?

— Ну конечно, люди. Животные. Кажется, все...

— А я бы сказала так: разум должен быть у тех существ, которые действуют и общаются друг с другом. Ты забыла про такие «существа», как роботы, помнишь, как в «Приключениях Электроника»? В жизни подобных роботов, конечно, нет, но есть автоматы, способные действовать, и притом весьма сложным образом.

— И общаться?

— Есть и такие. Но отличие роботов от людей и животных в том, что их создали.

— Кто же их придумал?

— Люди. Кибернетики. Слыхала о таких?

— Еще бы! А ты кто? А как сделаны эти автоматы?

— В общем-то, похожими на живые существа. Во всяком случае, похоже их поведение...

— Что же общего в их поведении?

— Как говорят кибернетики, «одинаковая схема действий».

— Значит, кибернетика занимается и животными, и автоматами сразу?

— Тебе в самом деле интересно? Ну что ж, слушай.

Кибернетика изучает основные законы поведения и управления, которые проявляются как в живом, так и в неживом мире. В ее основе лежит фундаментальная идея, которую сформулировал в середине XX века американский математик Норберт Винер: «Для какой бы работы ни предназначался автомат, какой бы ни была нервная система животного или человека, и автомат, и нервная система всегда имеют дело с сигналами, с сообщениями».

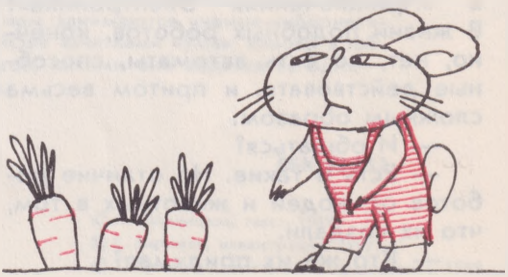
Винер был родоначальником кибернетики — науки, которая в результате показала, что нет непроходимой пропасти между живым и неживым.

Любые органы чувств (только у автоматов их называют датчиками) ведут наблюдение за внешним миром. А мир состоит из разнообразных явлений: в лесу течет ручеек, несущий свои воды от родника в овраге,— вода в нем удивительно вкусная; бежит зайчонок, удирая от проголодавшейся лисицы; в небе облака плывут, похожие на крокодилов, только белых; пролетел самолет, птицей мелькнув над головой; в воздухе стоит чудесный аромат свежескошенных трав; лягушка перепрыгнула через кочку — не перечислить, сколько всего на свете!

Сигналы из внешнего мира по нервным тканям или проводам поступают в «мозг» действующего существа, который состоит из управляющего органа и памяти. Сами по себе проявления внешнего мира для «мозга» ничего не значат. Важно, **кто** именно их воспринимает и **как** собирается использовать. Лягушка способна уловить лишь сигналы о движении мошки, которой можно подкрепиться, или сигналы опасности, когда над ней самой нависает тень. Все остальное, что происходит в мире, для лягушки — бесполезный шум...

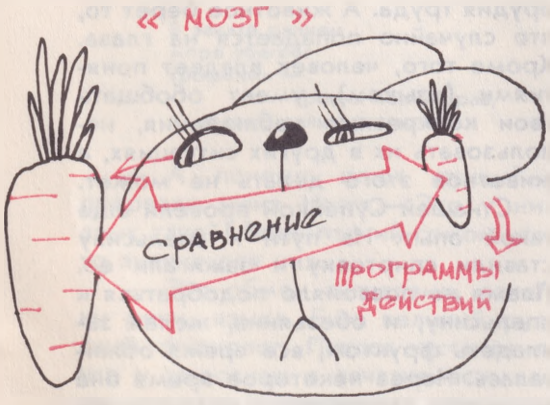
Человек воспринимает мир несравненно богаче. Для него имеет значение и шум дождя, и цвет рябины за окном, и звонок на перемену, и номер телефона одноклассницы. Почему так происходит?

Это зависит от того, как устроен управляющий орган и сколь сложно организована память действующего существа. Ориентироваться в потоке сигналов от среды помогают знания. Они хранятся в памяти в виде образцов, которые накопились в результате всего предшествующего опыта жизни. Как использовать эти знания — вот задача, которую решает управляющий орган.



Он непрерывно сравнивает входную информацию с образцами в памяти и решает, в какую сторону и насколько поступающие сигналы отклоняются от нормы. В памяти, помимо образцов, хранятся также и программы работы действующего существа. Они задают последовательность действий, которые надо произвести. После того как управляющий орган сопоставил входные сигналы с образцами, он выбирает определенную программу действий и посылает исполнительному органу команду ее выполнить. Исполнительный орган — третий орган, отраженный на схеме действий.

Назначение четвертого органа на схеме — очевидно: действующему существу нужна энергия, чтобы жить и работать (действовать).



Как видишь, основную роль в поведении разных существ играет их «мозг». Его достоинствами определяется то, на что способно действующее существо, будь то животное, человек или автомат.

Еще в 40-х годах нашего столетия мало кто подозревал, что на очереди рождение нового вида машин. Их назвали вычислительными. Не прошло и полувека, а электронные вычислительные машины — ЭВМ (компьютеры) — стали необходимы буквально всем. Физики, занятые исследованиями атомного ядра, сталкиваются со столь сложными закономерностями их движений, что без помощи ЭВМ не могут решить свои уравнения. Сложнейшие вычисления на машинах проводят также астрономы, определяя орбиты искусственных спутников и космических ракет. Аэродинамики и гидронавтики с помощью машин оценивают действия потоков воды и воздуха на различные конструкции. Метеорологи предсказывают погоду, обрабатывая на компьютерах данные с различных метеостанций Земли. Торговля, промышленность, планирование народного хозяйства — все опирается на решения, принимаемые с помощью ЭВМ. Близятся времена, когда без них не обойдутся ни школьник, ни хирург, ни домохозяйка.

ЭВМ могут прекрасно считать, оставляя людей далеко позади,— мы к этому привыкли довольно быстро. Такое уже никого не удивляет. И пока ЭВМ занималась подобной работой, это никого особенно не волновало. Но даже конструкторы ЭВМ не подозревали, какими еще неожиданными талантами их удивят вычислительные машины. Очень скоро стало ясно, что они хорошо оперируют с большими массивами информации, быстро находят в них нужные данные, преобразуют их в нужную форму, обрабатывают тексты, написанные на разных языках. Словом, ЭВМ не остались просто быстрыми арифмометрами, а стали проявлять склонность к тому, чтобы быть умными помощниками людей

в самых различных областях их деятельности. Это породило новую науку — науку о том, как сделать вычислительные машины более умными, чем те, которые уже есть. И эту науку назвали теорией искусственного интеллекта (ИИ).

Не правда ли, смелое название? Многим оно не нравится, кажется претенциозным. Мы, люди, гордимся своим интеллектом, считаем, что это самое важное наше отличие от других живых существ. А специалисты в области ИИ хотят снабдить аналогом нашего интеллекта технические автоматы?! Так примерно рассуждали противники искусственного интеллекта.

Но может быть, мы слишком уж отделяем себя от наших меньших братьев, таких, как собаки, лошади или обезьяны? Может быть, и они способны к поведению, которое мы склонны считать интеллектуальным? Вот несколько примеров, известных из литературы о поведении животных.

...Усевшись поудобнее в кресле, сэр Джон решил раскурить трубку, а вставать было лень. Он подозвал свою собаку и приказал ей подать уголек. Та выбежала за дверь, принесла старую метелку, зубами вытащила из нее прутик. Взяв за один конец, подожгла прутик в камине и подала хозяину...

...А один учитель математики, владелец вороного жеребца, утверждал, что его «умный» Ганс будто бы понимал человеческую речь и умел считать. Когда хозяин спрашивал его, сколько будет 2×2, Ганс отбивал копытом ровно четыре раза и весело тряс гривой...

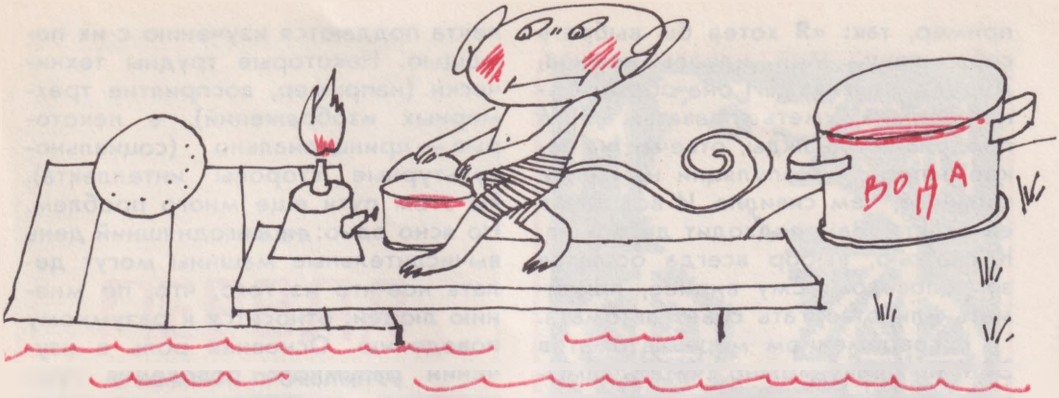
...На потолке клетки, где находится обезьянка по кличке Сулейка, подвесили банан. Сулейка подпрыгивает, но безуспешно: достать банан не удается. Она беспокойно ходит по клетке взад-вперед. Вдруг останавливается перед ящиком, хватает его, быстренько притаскивает под банан, залезает на ящик и, прыгнув изо всех сил, срывает банан. Уф! Получилось!

Наукой установлено, что «умные» животные — это животные с тончайшей наблюдательностью, исключительной памятью и отличной способностью к дрессировке. (Такая способность у автоматов называется адаптацией.)

Поведение «умных» животных, однако, отличается от разумного поведения человека. Даже высшее проявление рассудочного поведения (как в случае с Сулейкой — умение использовать предметы для достижения цели: достать пищу) не идет ни в какое сравнение с тем, что может человек. Почему? Человек обладает многим, что недоступно животным. Например, он умеет планировать: где, как и когда использовать специально выбранные орудия труда. А животное берет то, что случайно попадается на глаза. Кроме того, человек владеет понятиями (языком), умеет обобщать свои конкретные наблюдения, использовать их в других ситуациях, а животное этого делать не может.

С нашей Сулейкой провели еще такой опыт. На пути к апельсину ставили спиртовку и зажигали ее. Пламя не позволяло подобраться к апельсину, и обезьянка, желая завладеть фруктом, все время обжигалась. Через некоторое время она научилась гасить огонь водой, которую черпала из рядом стоящего бачка. Опыт усложнили. Апельсин положили на плотик, который плавал в пруду. Вокруг было много воды, но, чтобы погасить огонь, обезьянка по-прежнему бегала по узкой дощечке на берег, к тому же бачку с водой. Она вела себя так потому, что знала лишь про воду в бачке, но не умела обобщать и не подозревала о понятии «вода» вообще.

Отвлекаться от конкретных ситуаций позволяет язык. С его помощью можно представлять различные предметы в виде понятий:



«стол» вообще, «книга» вообще. Понятия можно сравнивать, устанавливать аналогию между ними, можно создавать новые понятия. Все это — неотъемлемая часть человеческого мышления. Послушай, как чудесно сказала Новелла Матвеева.

В закате раннем
море убегает
трофеями —
роняя корни трав,
и, убегая, даль отодвигает...

— А почему поют птицы? — прервала меня Настя.— Это у них язык такой? Ведь птичий гомон что-то значит для них...

— Это обмен сигналами, зачатки речи, языка. Еще великий русский физиолог Павлов установил, что у животных в зачатке есть все то, что есть у человека.

— А что есть у автоматов? Что могут они? Они умнее животных?

— Давай подумаем. Человек создавал автоматы с той же целью, что и приручал животных — хотел обрести в них помощников. А самые современные автоматы — вычислительные машины и роботы — стали не только механическими помощниками, но и советчиками, собеседниками, консультантами...

Отвлечемся немного. Воспользуемся воображением и чувством юмора (кстати, как ты считаешь, это только человеческие свойства?) и с помощью книги Рабле «Гаргантюа и Пантагрюэль» перенесемся в XVI век. В то время жил человек по имени Панург. Жил он в довольстве и достатке, а потому особых проблем не имел. Хотя одна проблема его все-таки волновала: стоит ли ему жениться? И если да, то как выбрать верную женушку? Он направился к своим друзьям, а те посоветовали ему обратиться к гадалке, в то время их называли сивиллами. Панург согласился. И вот он с друзьями у сивиллы. Та вынула из кошелька три червонца, положила их в три ореховые скорлупы и опустила на дно кувшина. Провела три раза метлой по очагу, бросила в огонь связку вереска и изрекла какие-то непонятные слова. Панург сказал другу: «Ей-богу, я весь дрожу, мне кажется, она меня околдовала. Бежим. Уж лучше я не женюсь». Он уже почти выбрался из комнаты, как вдруг сивилла велела им выйти во двор. Там она потрясла старую сикомору. Упало восемь листочков, на которых та написала несколько слов и бросила по ветру, приговаривая: «Ищите, если хотите, найдите, если сможете...» И все друзья отправились в путь, следуя ее пророчеству...

А мы возвратимся в XX век. Знаешь ли ты, что ЭВМ уже выполняет роль сивиллы, работает электронной свахой? Теперь можно обратиться к ЭВМ, а не к гадалке. На-

пример, так: «Я хотел бы выбрать себе жену. Мой идеал: нежная, мудрая, красивая. И она обязательно должна уметь плавать». ЭВМ проделала однажды, отвечая на такой запрос, манипуляции не менее сложные, чем сивилла. И вот каков ее ответ: «Вам подходит дельфин». К счастью, выбор всегда остается за человеком. Ему виднее, принимать или отвергать совет автомата.

В современном мире автоматов ЭВМ по праву можно считать самыми главными. Они обладают великой силой. Прежде всего ЭВМ — большие помощники для ученых, которые пытаются найти принципы, лежащие в основе человеческого интеллекта, полезные для моделирования различных информационных процессов — неважно, где они происходят: в нервной ткани или в «железках». Компьютеры — прекрасный объект для проведения опытов по изучению отдельных особенностей интеллекта. Они бесконечно терпеливы, не требуют лакомств и не кусаются. Свои теории ученые воплощают в программах, и машины исследуют правильность заложенных в них концепций. При этом вскрываются ошибки и недочеты, которые ускользнули от внимания исследователей. Часто обнаруживаются такие подводные камни, о которых ученые даже и не догадывались. Именно они служат толчком к развитию новых идей. И это очень важно. Далеко не всегда можно с большой точностью исследовать мозг животного, чтобы установить роль тех или иных его отделов. Из программы же удается легко выбрасывать определенные куски, проверяя, насколько они существенны для имитации интеллекта.

Однако возможности современных программ еще достаточно ограниченны. Не все области интеллекта поддаются изучению с их помощью. Некоторые трудны технически (например, восприятие трехмерных изображений), а некоторые — принципиально (социально-культурные стороны интеллекта). На этом пути еще много проблем. Но ясно одно: на сегодняшний день вычислительные машины могут делать кое-что из того, что, по мнению людей, относится к разумному поведению. Основная роль в изучении разумного поведения принадлежит теории искусственного интеллекта, которая впитала в себя идеи и методы математики и кибернетики, лингвистики, программирования, психологии и биологии. Наука об искусственном интеллекте развивается бурными темпами. Каждый год приносит новые результаты, возникают новые волнующие вопросы...

— А много ли умеет твой искусственный интеллект? — спросила Настя.— Сколько у него талантов?

— Попробуем сосчитать. Раз, два, три... Задала ты мне задачу, Настя! Сразу и не сосчитаешь! Надо, пожалуй, подумать, написать...

— А ты возьми и напиши.

Так, из разговора с дочерью, возникла эта книга. Она для тех, кто хотел бы понять, чем занимается наука об искусственном интеллекте и что могут делать умные автоматы. И если, читатель, тебе интересно узнать об этом, то загляни в книжку. Ты увидишь, что компьютеры могут оказаться в чем-то умнее животных и что с ними тоже можно играть, беседовать, дружить. Предлагаю тебе познакомиться с ними. А Настя пусть будет рядом. Ее вопросы, может быть, помогут нам разобраться в том, что делают умные машины.

ГЛАВА

ПЕРВАЯ,

В КОТОРОЙ ПРОЯВЛЯЕТСЯ ТАКОЙ НУЖНЫЙ ТАЛАНТ: УМЕНИЕ ПОНИМАТЬ

Наступило солнечное летнее утро. Я заглянула к Насте в комнату:

— Вставай, птичка, хватит спать.

— А я и не сплю, я думаю...

— Думаешь? А о чем?

— Как мы понимаем друг друга...

— Как понимаем?!

— Ну да. Я вчера дочитала «Солярис» Станислава Лема. И все думаю: почему земляне так и не нашли контакта с живым океаном? Ведь он вполне обладал интеллектом.

— Но этого мало! Чтобы понимать, надо еще знать.

— Что знать?

— Знать что-то о той среде, в которой мы живем. Разные миры на Земле и на планете Солярис, отсутствие какого бы то ни было сходства между ними послужило причиной того, что люди не поняли океан Соляриса.

— И что же делать?

— Учиться понимать друг друга.

— А с чего начать?

— Я тебе помогу. У меня на примете есть один «программенок». И хотя он создан из неживой материи, с ним тебе будет интересно, а общение с ним поможет тебе разобраться, как мы понимаем друг друга.

— Но кто же он?

— Родился он не в некотором царстве-государстве, а в академии Вычислительных наук. Его родители — ИИ-папа и ИИ-мама, зовут его Игос. Он многое умеет, и с ним совсем не скучно. Он такой забавный. Я уверена — он тебе понравится.

И мы с Настей отправились в Вычислительный центр. Вот мы и у экрана терминала компьютера. Я нажала несколько клавиш — вызвала программу. Теперь ей можно задавать вопросы, набирая текст на клавишах терминала.

— Спрашивай, Настя.

— Кто ты? — задала Настя свой первый вопрос.

— Меня зовут Игос. Я — программа. Я пока еще «маленький» и многого не умею. Но мне хотелось бы показать тебе все то, на что я буду способен в будущем, ведь мое полное имя означает: искусственный глобально-ориентированный собеседник. Таким я стану, когда «вырасту». Если вы мне поможете. Поможете?

— Постараемся, — ответила за Настю я.

Игос — это, собственно говоря, программа, моделирующая в какой-то мере мышление человека, а значит, обладает искусственным

разумом, интеллектом. Искусственный интеллект (ИИ) начали создавать совсем недавно, в 60-е годы, в разных творческих мастерских. Одни разрабатывали технические средства, имитирующие структуру и функционирование биологических клеток живого интеллекта. Другие стремились воспроизвести в ИИ те информационные процессы, которые происходят в клетках. Сейчас многие ученые идут по второму пути, так как стало ясно, что важнее всего имитировать не саму живую клетку естественного интеллекта, а ее способности. Так появилась идея создавать программы, наделенные искусственным интеллектом, воплощающим в себе умения, аналогичные человеческим.

— Что же машины уже умеют?

— Ученые стремятся создавать программы, которые проявляют такие же способности при решении различных, особенно творческих, задач, что и человек. Среди них способность понимать увиденное, услышанное, прочитанное — главная. Давай выясним, как Игос может понимать. Зададим ему для начала простенькую задачку. Попробуй, Настя.

— Спрошу-ка я вот о чем. Слушай, Игос. 1 сентября в 8 часов я снова пойду в школу. У нас будет пять уроков, а потом я вернусь домой, пообедаю и пойду гулять. Как ты думаешь, где я буду в 10 часов утра?

— Ты будешь в школе, если ты действительно хорошая ученица и не обманываешь своих родителей.

— Ух ты, здорово! Он все понял. Надо же, сообразительный!

— Игос реализовал сейчас известный тест математика Тьюринга, связанный с определением мышле-

ния искусственной системы. Представь себе, что ты находишься за непрозрачной перегородкой, скрывающей от тебя двух собеседников, один из которых — ЭВМ. Ты задаешь вопросы обоим и слушаешь их ответы. Если ты не в состоянии отличить живого собеседника от неживого, то это значит, что машина тоже может мыслить. А раз так, то с нею можно общаться.

Для многих кибернетиков эта идея Тьюринга была мерилом того, что можно считать интеллектуальной системой. С некоторыми поправками и уточнениями она может служить и сегодня.

В первой беседе с нами Игос проявил две свои способности: умение понимать текст на естественном (у нас — на русском) языке и отвечать на вопросы. Такие программы называют диалоговыми системами.

Диалоговая система служит посредником[1] между человеком и ЭВМ, когда они обмениваются знаниями, посылая друг другу сообщения. И вот здесь, в процессе диалога, общения, необходимо понимание.

— А что надо понимать?

— Смысл того, что хотел сказать тебе твой друг. Смысл твоего ответа ему. Давай поразмышляем над тем, как устроен диалог. Возьмем какой-нибудь пример, скажем, вот такой:

«Заговорить, что ли, с этой Мышью? Может, она мне чем-нибудь поможет»,— подумала Алиса...

И она заговорила.

— О Мышь! — сказала Алиса.— Может быть, вы знаете, как отсюда выбраться? Я ужасно устала плавать в этом пруду, о Мышь!

Мышь взглянула на нее с любопытством.

«Наверное, она не понимает по-нашему,— подумала Алиса.— А, я догадалась: это, наверное, французская мышь...»

По-французски Алиса знала из всего учебника твердо только первую фразу и решила пустить ее в ход.

— Où est ma chatte? (Где моя кошка?) — сказала она.

Мышь так и подпрыгнула.

— Ой, простите! — поспешила извиниться Алиса...— Я просто както не подумала, что ведь вы не любите кошек.

— «Не любите кошек»! — передразнила Мышь пронзительным голосом.— А ты бы их любила на моем месте?»

Как ты думаешь, Настя, когда возникает диалог?

— По-моему, когда один человек что-то хочет сказать другому.

— Верно. В диалоге принимают участие два собеседника. Например, Алиса и Мышь.

— Сказочная Мышь,— уточнила Настя.— Поэтому она и умеет разговаривать.

— Конечно. Но это еще не все. Для того чтобы вести разговор, нужно иметь общую тему обсуждения. О чем говорила Алиса с Мышью?

— О кошках. Правда, этот предмет разговора ей не очень-то понравился.

— Ты поняла, почему?

— Конечно. Всякие мыши, даже сказочные, не любят кошек.

— Алиса тоже знала об этом, поэтому и сообразила, что поступила бестактно.

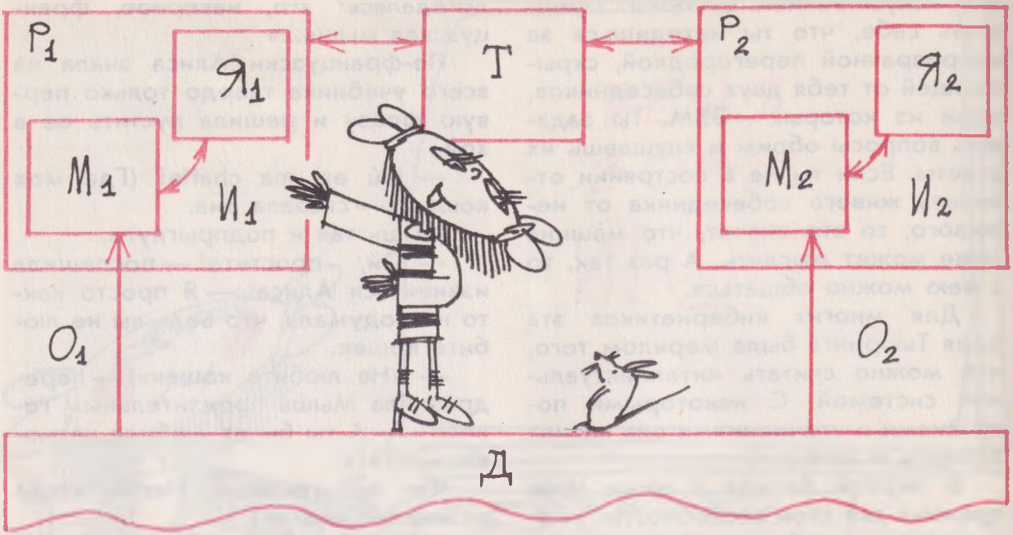
— А если б не знала? — спросила Настя.

— Тогда бы им трудно было понять друг друга. Но кроме этого, есть еще одно условие понимания в диалоге. Алиса упоминала о нем. Догадалась, о чем речь?

— Кажется, да. Нужно говорить на одном и том же языке...

— ...или воспользоваться услугами переводчика, если языки собе-

[1] Отсюда другое ее название «интерфейс» от английского слова to interface, означающего «взаимодействовать».



седника разные и один не знает языка другого, согласна?

— Согласна. Но лучше самому выучить язык другого, тогда никто не будет мешать.

— Конечно. Но, надеюсь, не так, как Алиса, которая вспомнила лишь одну французскую фразу из учебника, да и ту невпопад. А теперь попробуем нарисовать общую схему любого диалога. Вот она. Участники диалога $Р_1$ и $Р_2$ ведут между собой разговор о некотором фрагменте окружающего нас мира. Назовем его «действительность Д». Видишь, для обоих участников диалога эта действительность — одна и та же. Это важное условие любого диалога. Стрелочки $О_1$ и $О_2$ обозначают способы отражения мира: как и каким мы видим мир вокруг нас. Они должны быть похожими, иначе было бы невозможно договориться друг с другом: один говорит «это белое», а другой — «нет, это черное». Правда, так тоже иногда бывает, если хочется подурачить или рассердить, но это не по правилам общения. $Я_1$ и $Я_2$ — языки, на которых говорят $Р_1$ и $Р_2$.

— А почему они разные? — удивилась Настя.

— Это же общий случай. Языки не обязаны совпадать. И тогда нужен переводчик. Им в нашей схеме является квадратик Т.

— Понятно. А что такое квадратики $М_1$ и $М_2$?

— Это так называемые модели внешнего мира. В них содержится информация об окружающем нас мире. Модели участников диалога также должны быть похожими — это еще одно условие диалога. Иначе разговор может получиться приблизительно таким же, как в известной поговорке: «Я ему про Фому, а он мне про Ерему».

— Интересно, а как выглядит модель мира?

— Она состоит из знаний. Знания обычно представляются в виде фактов, характерных для внешнего мира. Прежде всего это описания объектов окружающей среды и отношений между ними. Давай-ка построим с тобой модель вот этого мира кубиков, взгляни на картинку.

— Давай. Только с чего мне начать?

— Начни с того, что опиши все объекты. Что ты видишь?

— Вижу фигурки разного цвета и формы.

— Можешь уточнить?

— Красная пирамида, зеленый куб, желтая коробка и голубой цилиндр.

— Правильно. Однако этих знаний недостаточно для описания нашего мира кубиков. Важно также указать, как объекты расположены друг относительно друга. Попробуй.

— Сейчас посмотрю повнимательнее. Так. Красная пирамида лежит на зеленом кубе, а голубой цилиндрик расположен внутри желтой коробки.

— И это все?

— Кажется, да.

— Ты забыла сказать, что коробка стоит справа от куба. Вот теперь этот мир описан полностью, и можно вести разговор о нем.

— Да, но он очень прост! А как же быть с реальным миром, в котором мы живем?

— Описать реальную действительность, окружающую человека, конечно, гораздо труднее. И тем не менее это возможно. Модели достаточно сложных миров уже есть, и они занимают центральное место во всех системах искусственного интеллекта. С ними мы будем знакомиться постепенно.

— Ясно. А стрелочки $И_1$ и $И_2$ что представляют?

— Это самые главные способности собеседников. С их помощью входные сообщения сравниваются со знаниями в модели мира и выдается тот или иной ответ, выполняется определенное действие.

— А что будет, если один из участников диалога — ЭВМ?

— Тогда при наличии у нее соответствующих компонентов диалога — $М_1$, $Я_1$, $И_1$ — она тоже может стать собеседником.

— Как наш Игос?

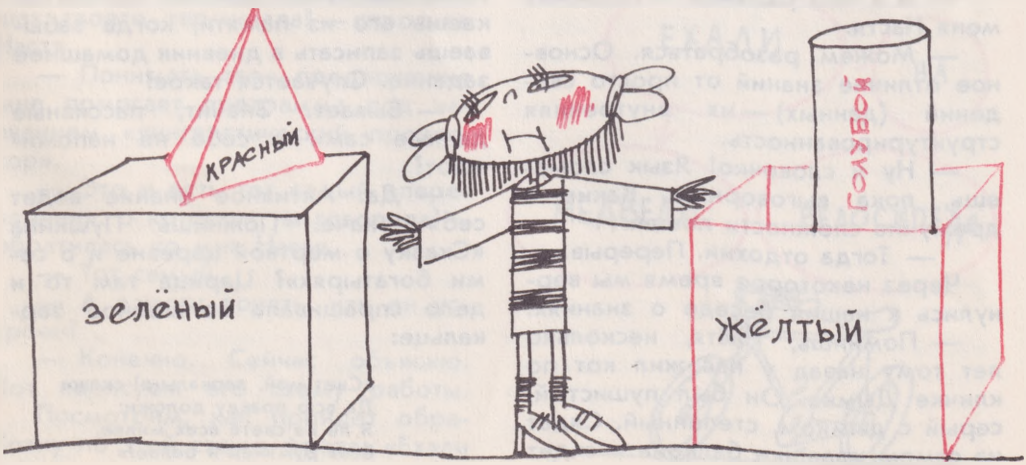
— Да.

— Но Игос не живой, у него не может язык $Я_1$ быть таким же, как у меня!

— Верно. Игос мыслит не человеческим языком, а своим, машинным. Но ты забыла про квадратик Т — переводчик! Называется он языковым, или лингвистическим, процессором, или транслятором. С его помощью Игос понимает наш язык, а мы понимаем его.

Способности ЭВМ пока не столь совершенны, как у человека, и не будем сейчас требовать от них слишком человеческого понимания. Нам будет достаточно и того, что сформулировал один из первых разработчиков диалоговых систем: «Если мы, преследуя некоторую цель, обратились к ЭВМ и получили от нее желаемый ответ (то есть добились своей цели), будем считать, что она нас поняла».

В настоящее время существует



много диалоговых систем, способных отвечать не на любые вопросы, а на некоторые из них. Такие системы называются проблемно-ориентированными диалоговыми системами. Например, можно спрашивать обо всем, что касается футбольных матчей. Такой «партнер» знает только один узкий мир: футбольные игры. Его модель мира содержит информацию о победах и поражениях, о командах и игроках, о тренерах, об очках, набранных в очередном чемпионате.

— У такой системы бесполезно спрашивать о малине?

— Да, о ней она ничего не знает.

Есть и более сложные диалоговые системы, они обладают бо́льшими возможностями, многое знают и умеют. К ним относится и наш Игос.

— Что же ты знаешь, Игос? — обратилась к нему Настя.

— В моей памяти хранится множество моделей миров: мир истории и географии, мир физики и литературы, мир растений и животных, мир завода и школы, и еще, и еще.

— Ух ты! Целая библиотека!

— Не совсем так. В библиотеке хранится куча сведений, зачастую не связанных между собой, а у меня знания.

— А в чем разница? — спросила меня Настя.

— Можем разобраться. Основное отличие знаний от просто сведений (данных) — их внутренняя структурированность.

— Ну и словечко! Язык сломаешь, пока выговоришь. Какие-то дремучие сложности пошли.

— Тогда отдохни. Перерыв...

Через некоторое время мы вернулись к нашей беседе о знаниях.

— Помнишь, Настя, несколько лет тому назад у нас жил кот по кличке Дымка. Он был пушистый, серый с дымком, степенный. Сядет на самом краешке балкона и сидит себе, разглядывает птиц, воображая, что охотится.

— Конечно, помню. А однажды этому хищнику все же удалось сцапать воробышка, и мы с трудом спасли птенца из лап нашего кота.

— Так вот. Эту простую историю можно запомнить по-разному. В виде «голых» фактов: существовал конкретный кот по имени Дымка, который поймал какого-то воробья. А можно совсем иначе: кот — это хищник, коты охотятся на птиц, птицы съедобны для котов.

Во втором случае мы запомнили не просто факты, но и отношения, связи между ними. О таком знании и говорят, что оно структурированно.

— То есть его части связаны между собой?

— Да, именно так. Существует еще одно отличие между знаниями и данными. Знания могут быть активными.

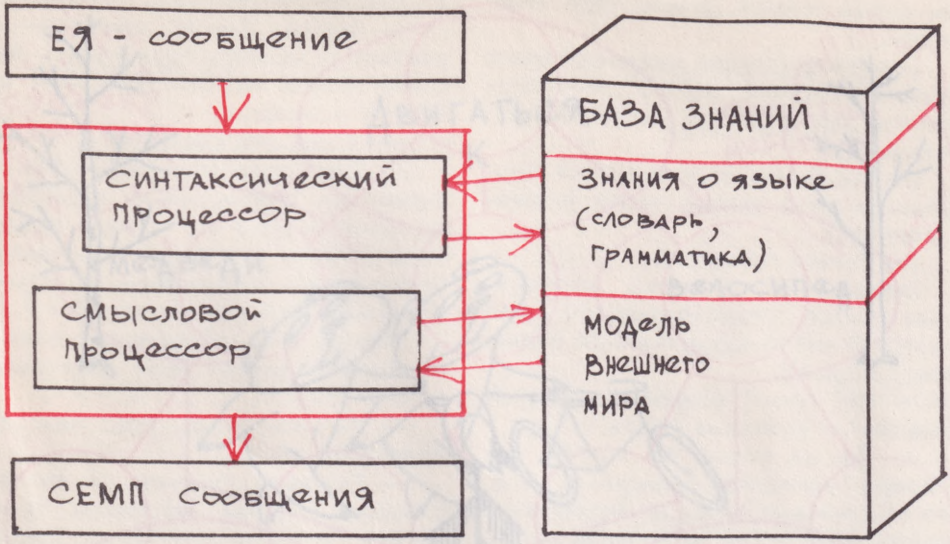
— Активными? Каким же образом? — удивилась Настя.

— Обычные сведения лежат пассивно в памяти и ждут своего часа, когда в них возникает потребность и с ними что-то сделают. Например, таблица умножения. Она сидит в твоей голове и ждет, когда кончатся каникулы и ты вспомнишь о ней, решая задачку. Или, скажем, номер телефона одноклассницы — тоже пассивное данное. Ты извлекаешь его из памяти, когда забываешь записать в дневник домашнее задание. Случается такое?

— Бывает. Значит, пассивные данные сами о себе не напоминают?

— Да. Активное знание ведет себя иначе. Помнишь Пушкина «Сказку о мертвой царевне и о семи богатырях»? Царица там то и дело спрашивала волшебное зеркальце:

«Свет мой, зеркальце! скажи
Да всю правду доложи:
Я ль на свете всех милее,
Всех румяней и белее?»



Что же зеркальце в ответ?
«Ты прекрасна, спору нет;
Но царевна всех милее,
Всех румяней и белее».

То, что молодая царевна красивей ее, это не давало покоя царице и в конце концов вынудило ее действовать; ты, конечно, знаешь как. Однако мы с тобой увлеклись разговором и забыли о нашем друге Игосе. Давай его тоже вовлечем в нашу беседу.

— Интересно, что нужно знать, чтобы понимать язык? Игос, а как ты понимаешь то, что я говорю тебе, набирая слова и знаки на клавишах твоего терминала? — спросила Настя.

— Понимать твои предложения мне помогает программа под названием «лингвистический процессор».

— Это и есть тот самый «переводчик», о котором ты говорила?— обратилась ко мне Настя.

— Тот самый.

— А я могу понять, как он устроен?

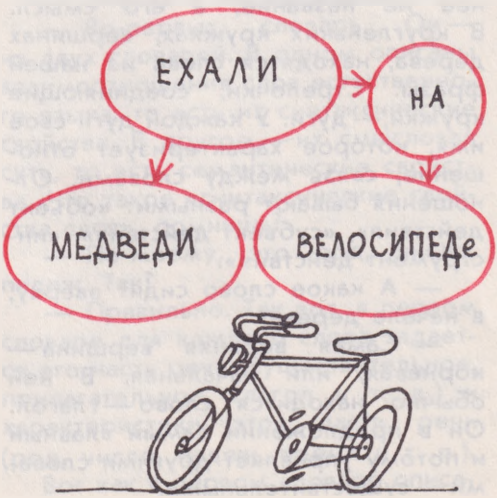
— Конечно. Сейчас объясню. Вот нарисуем его схему работы.

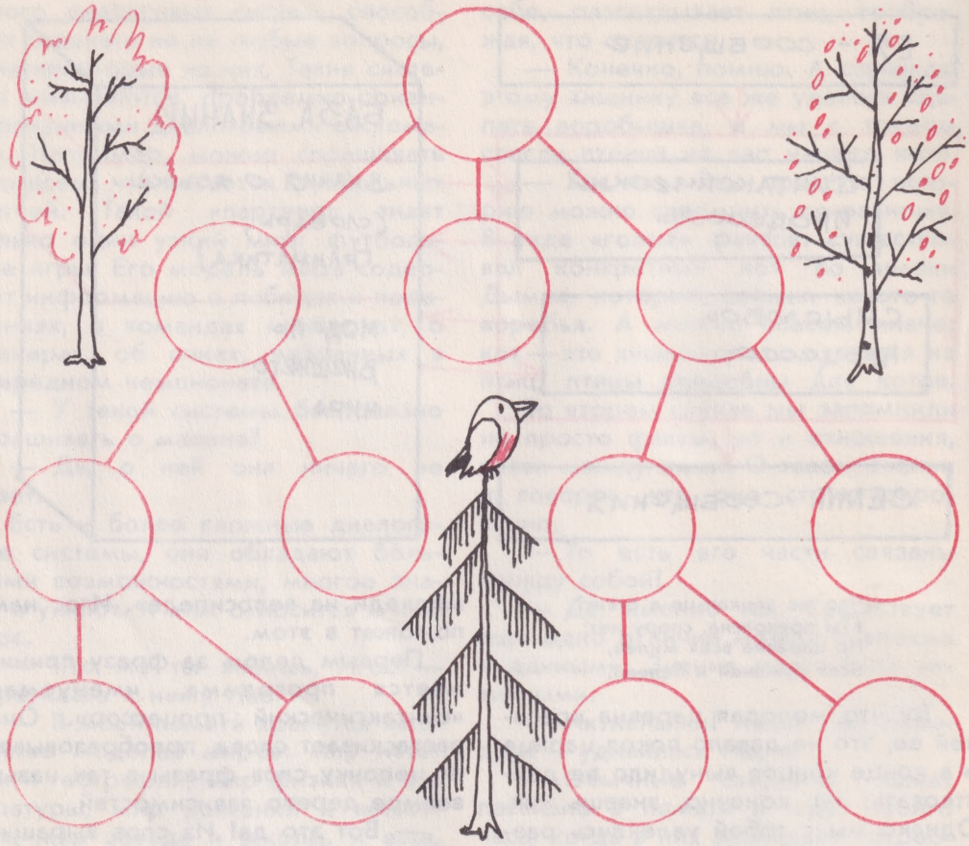
Посмотрим, как пройдет обработку по этой схеме фраза: «Ехали медведи на велосипеде». Игос нам поможет в этом.

Первым делом за фразу принимается программа, именуемая «синтаксический процессор». Она растаскивает слова, преобразовывает цепочку слов фразы в так называемое дерево зависимостей.

— Вот это да! Из слов выращивают деревья?!

— Не в том смысле «дерево», как ты подумала; не в растительном, а в математическом. Деревом называют вот такую картинку.





— Она совсем не на дерево похожа, а скорее уж на куст.

— Согласна. Но оставим право названия их создателям... Ведь важнее не название, а его смысл. В кругленьких кружках, вершинах дерева, находятся слова из нашей фразы. Стрелочки, соединяющие кружки,— дуги. У каждой дуги свое имя, которое характеризует отношение, связь между словами. Отношения бывают разными: «объект действия», «субъект действия», «инструмент действия».

— А какое слово сидит вверху, в начале дерева?

— Самая верхняя вершина — корневая, или начальная. В ней обычно находится слово — глагол. Он в предложении самый главный и потому управляет другими словами — существительными.

— Как это — управляет?

— А вот так. Какого, по-твоему, слова требует глагол «читай»?

— «Книгу», например.

— Правильно, «читай книгу». Наш глагол потребовал существительное «книгу» в винительном падеже. Лингвисты называют такое требование управлением словами. В следующих, нижних вершинах «висят» остальные слова: прилагательные, наречия, числительные.

— Ими тоже управляет глагол?

— Нет, не угадала. Ими управляют существительные. И вообще, верхние вершины управляют лишь теми нижними вершинами, которые расположены непосредственно под ними. Слова из нашей фразы расположатся в дереве так, как показывает Игос,— смотри. А теперь

вспомни, какие бывают связи между словами в предложении?

— Ну, подлежащее, сказуемое, дополнение, обстоятельство...

— Вспомнила, хотя и на каникулах! Вот они-то как раз и задают отношения между словами и их смыслами. Так, подлежащее задает отношение «субъект действия», то есть кто совершает действие. Обстоятельства определяют отношения типа «инструмент действия» (чем делается), «средство действия» (как делается), «место действия» (где происходит действие).

— Вижу эти отношения в нашем дереве — на дугах.

— Таким образом, дерево наглядно показывает, какова роль каждого слова в предложении. Когда надо преобразовывать цепочки слов в дерево зависимостей, синтаксический процессор исходит из знаний о языке, содержащихся в так называемой базе знаний системы.

— Знания о языке? Какие?

— Во-первых, словарь. Он — из двух словарей. В одном описаны взаимоотношения слов естественного языка, то есть их синтаксические свойства. В другом — их смысловая суть, то есть семантические свойства. Что такое «синтаксические свойства слов», помнишь?

— По-моему, это род, число, падеж. Так?

— Правильно. Так вот, в первом словаре для каждого слова задается его часть речи (существительное, прилагательное, глагол и т. д.) и характеристики этой части речи (род, число, падеж, время и т. п.).

Вот как в первом словаре описа-

ны слова нашей фразы про медведей.

(медведи (основа «медвед» класс существительное число множественное род мужской падеж именительный)),

(ехали (класс глагол время прошедшее лицо третье число множественное)),

(на (класс предлог)),

(велосипеде (основа «велосипед» класс существительное род мужской число единственное падеж предложный)).

— Из таких описаний — целый словарь? — уточнила Настя.

— Да, из таких. Во втором же словаре находятся описания того, что обозначают слова естественного языка: объект ли внешнего мира, его ли признаки или отношения между объектами. Те же слова из нашего примера здесь будут представлены иначе:

(медведи (понятие объект тип животное)),

(ехали (отношение действие тип двигаться к)),

(на (отношение находиться на)),

(велосипеде (понятие объект тип средство передвижения)).

Однако мы с тобой не учли еще те слова русского языка, которые играют служебную, вспомогательную роль. К таким словам относятся, например, союзы и частицы.

— А как быть с ними? Они тоже сидят в двух словарях?

— Нет, для их описания достаточно одного. Но знания о языке не сводятся лишь к словарю. Важную часть знаний составляет грамматика языка. С ее помощью синтаксический процессор решает, является ли некоторая цепочка слов предложением языка (правильным предложением) или нет. Как ты считаешь, Настя, вот такая цепочка: «собаку петь капуста» — правильная в русском языке или нет?

— Нет, конечно!

— Почему?

— Слова эти не связаны друг с другом правилами грамматики.

— Верно. Значит, надо так научиться описывать грамматику русского языка, чтобы она стала понятной и машине.

— А как это сделать?

— Для этого придумали так называемую формульную грамматику. Она состоит из набора правил подстановок, которые порождают правильные предложения языка. Правила в ней вот какие: Н → Р.

Значок «→» обозначает: вместо символа Н может быть подставлен символ Р.

— Не понимаю, при чем тут подстановка?

— Приведу пример, и ты все поймешь. Давай построим грамматику, которая описывает какую-то часть русского языка. Поступим так. Назовем грамматическую категорию «предложение» символом П и опишем П в виде правила подстановки:

П → ⟨подлежащее⟩ ⟨сказуемое⟩ ⟨дополнение⟩.

Это правило говорит всего лишь о том, что предложение может состоять из подлежащего, сказуемого и дополнения. Добавим также, что можно подставить дальше:

⟨подлежащее⟩ → ⟨существительное⟩,

⟨сказуемое⟩ → ⟨глагол⟩,

⟨дополнение⟩ → ⟨существительное⟩.

Давай подставим вместо существительных и глагола какие-то слова. Ну, скажем:

⟨существительное⟩ → ЭВМ,

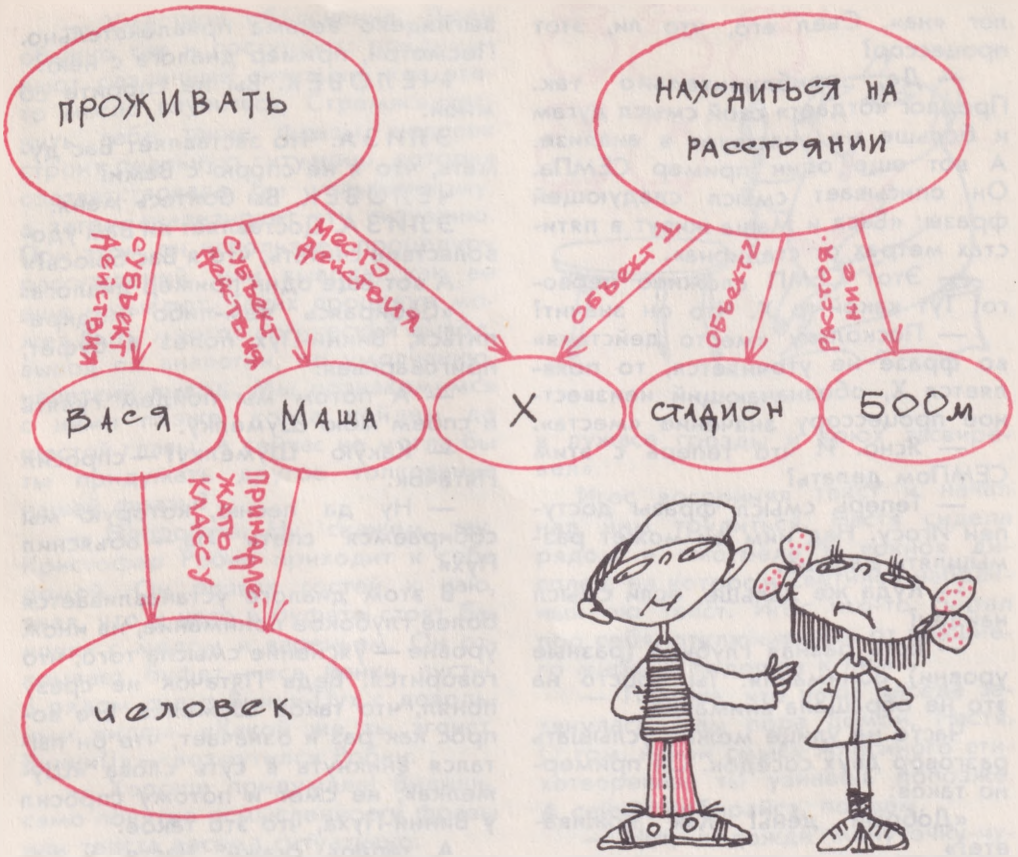
⟨существительное⟩ → программист,

⟨глагол⟩ → любит,

⟨глагол⟩ → программирует.

Такая грамматика способна описывать очень простые, даже примитивные предложения, например: «Программист любит ЭВМ». Попробуй теперь ты, Настенька.

— Сейчас подумаю. Вместо подлежащего возьму «ЭВМ», вместо сказуемого поставлю «програм-



мирует», потом... Получилось: «ЭВМ программирует программист». Не очень-то удачное предложение!

— Это потому, что такая грамматика очень и очень проста и не может справиться с описанием всего естественного языка.

— Нужны другие правила, да?

— Верно. Необходимы более сложные правила, которые учитывают, когда применять правило и когда нет. Эти правила зависят от ситуации, от контекста.

— Ею пользовался Игос, когда разбирал фразу про медведей?

— Да. А теперь дальше о лингвистическом процессоре. Пройдя синтаксическую обработку, фраза, представленная в виде дерева из слов, попадает в распоряжение другой программы под названием «смысловой процессор». Он «просмотрит» дерево, пытаясь уяснить себе значение (смысл) каждого слова и всей фразы в целом. Для этого «смысловому процессору» понадобится словарь и уже знакомая тебе модель мира. Без нее ему трудно будет понять смысл сказанного. Потрудившись некоторое время, смысловой процессор превратит наше дерево в другую структуру, еще более интересную. Игос, покажи. Такая картинка называется семантическим представлением — СЕМПом.

— Ну и что все это значит?

— Очень много! СЕМП — это и есть смысл фразы. Программа нашла его! Заметила? В СЕМПе появились новые кружки, новые дуги.

— Заметила, что исчез пред-

лог «на». Съел его, что ли, этот процессор?

— Да, приблизительно так. Предлог «отдает» свой смысл дугам и больше не участвует в анализе. А вот еще один пример СЕМПа. Он описывает смысл следующей фразы: «Вася и Маша живут в пятистах метрах от стадиона».

— Этот СЕМП сложнее первого! Тут какой-то Х. Что он значит?

— Поскольку «место действия» во фразе не уточняется, то появляется Х, обозначающий неизвестное процессору значение «места».

— Ясно. И что теперь с этим СЕМПом делать?

— Теперь смысл фразы доступен Игосу. Над ним он может размышлять дальше.

— Куда же дальше, если смысл найден?

— Есть разная глубина (разные уровни) понимания. Ты просто на это не обращала внимания.

Часто на улице можно услышать разговор двух соседок. Он примерно таков:

«Добрый день! Как поживаете?»

«Ничего, спасибо. А как ваше здоровье?»

«Слава богу, помаленьку».

Поговорили, не особенно задумываясь, и разошлись. При таком диалоге понимания фактически не требуется. Идет простой обмен будничными вежливостями, правильно построенными с точки зрения языка, на котором они говорят. Такой диалог называется фатическим диалогом. В этом случае взаимопонимание кажущееся: ведь каждый собеседник не старается вникнуть в смысл того, что ему сообщают. Поэтому уровень понимания в фатическом диалоге поверхностный. Первые диалоговые системы на ЭВМ страдали этим недостатком понимания. Среди них наиболее известна система «Элиза» Вейзенбаума, которая умела вести лишь фатический диалог. Но внешне это выглядело весьма привлекательно. Посмотри, пример диалога с нею:

«ЧЕЛОВЕК. Вы не спорите со мной.

ЭЛИЗА. Что заставляет Вас думать, что я не спорю с Вами?

ЧЕЛОВЕК. Вы боитесь меня.

ЭЛИЗА. Доставляет ли Вам удовольствие считать, что я Вас боюсь?»

А вот еще один пример диалога:

«Собираясь чем-либо подкрепиться, Винни-Пух полез в буфет, приговаривая:

— А потом мы пойдем гулять и споем мою Шумелку.

— Какую Шумелку? — спросил Пятачок.

— Ну да песню, которую мы собираемся спеть Иа,— объяснил Пух».

В этом диалоге устанавливается более глубокое понимание, на ином уровне — уяснение смысла того, что говорится. Ведь Пятачок не сразу понял, что такое Шумелка. Его вопрос как раз и означает, что он пытался вникнуть в суть слова «Шумелка», не смог и потому спросил у Винни-Пуха, что это такое.

А теперь скажи, Настя, к какому уровню понимания ты бы отнесла вот это: «Зеленые бяки расплескались из бутылки»?

— Ко второму,— сказала Настя.— Мне непонятно, кто такие бяки. Что имеется в виду?

— Это неважно, главное, ты правильно ответила на мой вопрос. Кроме того, есть еще более глубокий уровень понимания. Послушайка: «Кристофер Робин чуть не убил Винни-Пуха». Объясни, пожалуйста, эту фразу. Что она означает, потвоему?

— Например, вот что. Винни-Пух полакомился в гостях медом и идет, о чем-то мечтая, мимо дома Робина. А в этот момент Кристофер Робин сбрасывает кирпичи со своей крыши. Кирпич свалился в сантиметре от головы Винни... «Эй, осторожней, Робин! Чуть не убил!» — воскликнул Винни-Пух.

— Уместное объяснение. Люди обычно так и поступают: придумывают различные ситуации, как что-то могло случиться. Стремясь уяснить себе такие фразы, человек строит реальную ситуацию, которая соответствовала бы услышанному, а затем анализирует эту ситуацию. При этом он использует процедуру рассуждений, или вывода, как ее еще называют. Таких процедур может быть много: логический вывод, вывод по аналогии, по умолчанию, нечеткий вывод. Мы познакомимся с ними позже, когда дойдем до шестой главы. А сейчас не могла бы ты придумать другое толкование нашей фразы?

— Попробую. Ну, скажем, так. Кристофер Робин приходит к себе домой. Он позвал гостей к чаю, зная, что у него в буфете стоят баночки с медом и вареньем. Он открывает буфет — все банки пусты, а рядом сидит Винни-Пух с довольным видом. «Какой же ты эгоист, Винни?!» — возмутился Робин.

— Хорошо придумала! Видишь, само понятие осмысленности фразы или текста весьма ситуативно.

— То есть зависит от ситуации?

— Да.

— Тогда выходит, что для всякого текста можно придумать ситуацию, в которой этот текст станет осмысленным?

— Верно. И это чаще всего бывает в сказках и фантастических приключениях.

— А-а-а, я знаю, так случилось с Алисой в Зазеркалье. Расскажу-ка об этом Игосу.

Настя обратилась к терминалу, вызвала программу общения с Игосом.

— Игос, послушай-ка, что ты скажешь об этом тексте? «Уважаемый Шалтай-Болтай, не могли бы вы объяснить мне смысл стихотворения «Умзара Зум»?

— Валяй, читай.

— «Сверкалось. Скойкие сюды волочились у развел. Дрожжали

в лужасе грозды и крюк засвиревел».

Игос воспринял текст и начал над ним трудиться. Настя сидела рядом и смотрела в «окно» дисплея, на котором светился набранный ею текст. Игос что-то считал про себя, отключившись от внешнего мира. Я подошла к ним.

— Похоже, что наша беседа затянулась. Нам пора домой, Настя. О том, какой смысл Алисиного стихотворения, ты узнаешь попозже. А сейчас собирайся, пойдем.

— Нет, подожди минуточку-чуточку. И это все? А как понимать стихи? Я хотела узнать, способен ли на это Игос?

— Существует такой уровень понимания, на который машина не способна. Это уровень чувственного понимания текста, когда слова, смыслы и чувства связаны глубокими связями образов, ассоциаций и представлений. Вот как это получается у Марины Цветаевой, послушай:

> И если гром у нас — на крышах,
> Дождь — в доме, ливень — сплошь,—
> Так это ты письмо мне пишешь,
> Которого не шлешь.

— И как же нам быть с Игосом? Он никогда не научится понимать все самое прекрасное, что создали люди?!

— Не знаю. Расти и попробуй что-нибудь придумать для него.

ГЛАВА

ВТОРАЯ,

В КОТОРОЙ РАССКАЗЫВАЕТСЯ О НОВОМ ТАЛАНТЕ: УМЕНИИ ПРЕДСТАВЛЯТЬ ЗНАНИЯ

...IV век до нашей эры. Дельта Нила. Теплый южный вечер. С высоты Фаросского маяка можно видеть, как ведут караваны судов товары из Персии, Индии, Греции, Рима. Груженые ладьи заходили в гавань и бросали якоря в порту Александрии — процветающего и оживленного города. Тогда Александрия была центром не только торговли и ремесел, но и всей эллинистической культуры. На весь древний мир город прославился своим мусейоном — первой в мире Академией наук — и величайшей библиотекой. Ею не раз пользовались астроном и географ Эратосфен, отец геометрии Евклид, к услугам которых было множество свитков по самым разным вопросам. Страстный библиофил, царь Птолемей II пополнял александрийскую сокровищницу знаний уникальными рукописями. В то время в ней уже насчитывалось более семисот тысяч рукописных папирусов (даже сегодня в мире не очень много библиотек могут похвастать таким масштабом!). Но как ни старался Птолемей собрать воедино память человеческую и сохранить ее для потомков, усилия его оказались бесплодными — рукописи бессильны перед стихией огня. Библиотеку уничтожили религиозные фанатики, и человечество понесло невосполнимые утраты в области культуры. А ведь именно она, человеческая культура, делает память каждого из нас поистине неограниченной!..

— Как уберечь знания, сохранить их в памяти человечества и передать будущим потомкам? Что ты думаешь об этом, Настя?

— Можно, например, попытаться создать несгораемую библиотеку. Собрать все книги в мире, скажем по одному-два экземпляра, и поместить их в железные книжные шкафы. Правда, я не знаю, какого размера будет такая библиотека и сколько понадобится железа...

— Ныне эту проблему можно решать по-другому. На помощь современной культуре пришли ЭВМ. Они обладают двумя необходимыми для этого качествами: умеют хранить информацию в компактном виде и быстро ее отыскивать. Такой способ хранения знаний открывает большие перспективы. Можно создавать электронные словари и справочники, а огромные тома энциклопедий записывать на небольших магнитных, оптических и других дисках.

— И ЭВМ сможет разобраться в этих знаниях?

— Не сразу. Учти, что библиоте-

ка на дисках содержит запись знаний, понятную человеку. ЭВМ может лишь хранить и выдавать такую запись. Чтобы перерабатывать знания, разбираться в них, машине необходим свой язык.

— А почему бы не воспользоваться обычным человеческим языком?

— Он плох из-за своей многозначности и нечеткости. Вот простой пример: «Петя встретил Катю на поляне с цветами». Можешь сказать, где были цветы?

— Конечно. На поляне.

— Это не очевидно. У этой фразы есть еще два смысла. «Цветы у Пети, и он встретил Катю на поляне» — это один. И второй смысл: «Цветы у Кати, она встретилась с Петей на поляне». Согласна?

— Да, в самом деле, так тоже может быть. Сразу мне это в голову не пришло.

— Вот видишь, фразы обычного человеческого языка могут иметь несколько толкований. А кроме того, они могут быть и вовсе не четкими, как, например, в следующем предложении: «Скоро я выучу стихотворение». Для одного «скоро» — это час, для другого — день. Точного смысла эта фраза не имеет. Как же тогда на таком языке описывать знания для машины?

— Не знаю...

— Поэтому-то машине и необходим свой язык. Стремление к устранению неточности и многозначности естественного языка привело к созданию математических языков, их называют формальными.

— А как выглядит такой язык?

— Такой язык строится четким и строгим образом. Он состоит из конечного алфавита А и грамматики Г (мы с нею познакомились в первой главе). Синтаксические правила грамматики Г определяют правильные с точки зрения языка цепочки из элементов алфавита А. Они называются ППФ — правильно построенные формулы языка. Цепочки из элементов А, построенные не по правилам Г, к языку не относятся.

— А разве нельзя назвать эти цепочки предложениями, а элементы алфавита буквами? — спросила Настя.

— Можно. Только учти, что элементы алфавита произвольны. Ими могут быть не только буквы, но и целые слова, понятия и другие сущности. Итак, мы с тобой выяснили, что для представления и обработки знаний в ЭВМ нужны специальные формальные языки. Они могут быть разными и довольно простыми, вот как этот. Запишем на нем наше знание о... о чем? Предлагай.

— О банане, например.

— Вот как оно выглядит:

(объект — банан;
тип — фрукт;
место произрастания — Колумбия;
цвет — желтый, зеленый;
назначение — употребление в пищу).

Посмотри внимательно, из каких элементов состоит эта запись?

— Из обычных слов.

— Верно. Элементы алфавита этого формального языка — русские слова, но не все, а только те, которые описывают понятия объекта, типа объекта, его цвет и т. д. (они записаны слева от тире) и конкретные значения этих понятий: банан, фрукт, Колумбия, желтый, зеленый. Но ты забыла еще про скобки и знаки «тире» и «точка с запятой». Они тоже входят в алфавит этого языка.

— А все, что стоит в скобках, есть предложение, да?

— Да. Выражение, заключенное в скобки, и есть ППФ данного языка. К нему мы еще вернемся, а пока поговорим вот о чем. Помнишь, в первой главе мы обсуждали модель внешнего мира?

— Помню. Это знание Игоса.

— Точнее, система знаний, или

память. Она вовсе не отличается от других частей мышления интеллектуальной системы. Чтобы создать хорошую модель памяти, требуются принципы, аналогичные принципам создания остальных аспектов мышления. Мы говорим, что человек умен, если он умеет быстро находить ответ или решение. Значит, его система памяти обладает эффективными механизмами хранения и извлечения информации. Создание модели памяти — задача не менее сложная, чем задача понимания рассказов, например.

— А в чем здесь трудности?

— Основные проблемы любой системы знаний, памяти — это: **что** представлять и **как** представлять. С проблемой «что» мы с тобой познакомились в первой главе. Это модель внешнего мира, в которой содержатся как самые общие знания, так и конкретные, присущие определенным областям деятельности. Проблема «как» связана с необходимостью выразить знания, высказать их определенными понятиями (в том числе словами). То есть нужно найти язык (и не один!), который может представить эти знания для ЭВМ. В теории искусственного интеллекта рассматривается два основных вида языков: декларативные и процедурные. Декларативный способ описания знаний нам уже немного знаком — это пример с бананом.

— Столько всяких названий! Я уже запуталась! Декларативный язык, формальный язык... А чем же они отличаются?

— Ты права, названий много. Но каждое из них отражает ту или иную сторону проблемы. Некоторую часть формальных языков выделили в отдельный класс — декларативные языки. С их помощью описываются различные предметы окружающего мира и их свойства. Однако существует часть знаний, которую удобно представлять иначе.

— Как, есть еще и другой язык?! — воскликнула Настя.

— Конечно, ты сейчас сама его определишь. Сможешь ли объяснить мне, как ты пьешь чай?

— Как пью чай?.. Ну, беру чайник, наливаю в чашку кипятка и заварки, подношу ко рту, пробую, не слишком ли горячий, отпиваю глоток-другой и т. д.

— Прекрасно! Ты разобрала последовательность действий (или процедур), которая, как ты знаешь, приводит к «чаепитию». Такое представление знаний (и, соответственно, язык) называется процедурным. Процедурное знание, в отличие от декларативного, указывает на то, как это знание использовать.

— Интересно, а сколько всего существует языков знаний?

— Достаточно много. Но самый известный и распространенный среди них — язык фреймов.

— Забавное словечко! Откуда оно?

— Этот термин впервые использовал в 70-х годах американский кибернетик М. Минский, когда занимался проблемой представления знаний в системах искусственного интеллекта. Фрейм — это схема (в переводе с английского — рамка), с помощью которой выражаются различные понятия.

Фрейм состоит из набора свойств, называемых слотами, и значений этих свойств, характеризующих данное понятие. В общем виде фрейм записывается следующим образом:

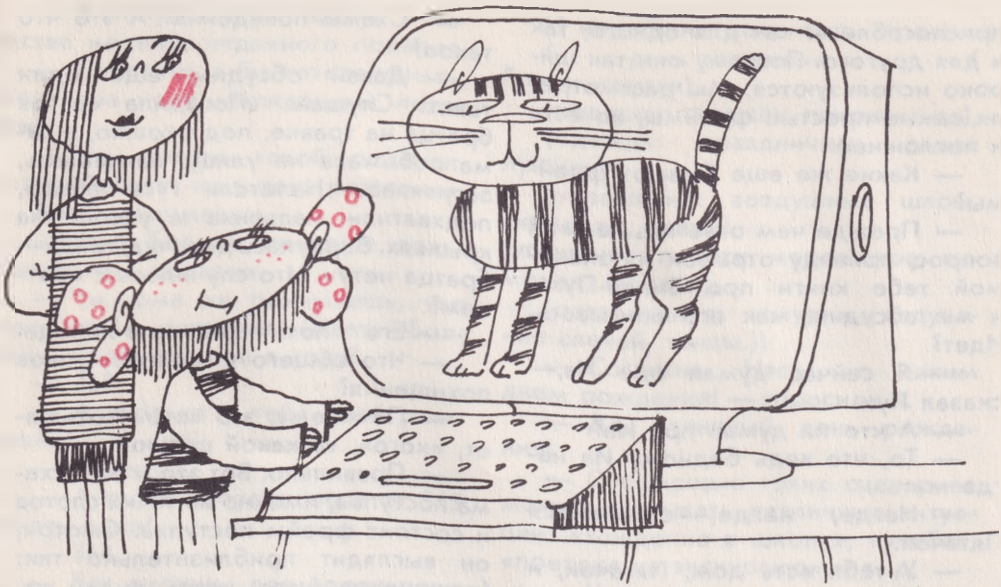
(имя фрейма(
имя 1-го слота: значение 1-го слота;
имя 2-го слота: значение 2-го слота;
...
имя n-го слота: значение n-го слота)).

(Здесь n — означает последний слот фрейма).

А вот примеры фреймов:

(яблоко (цвет: красный; вкус: сладкий; форма: круглая; сорт: джонатан)).

(автомобиль (тип: жигули; цвет: синий; номер: МЯУ 33—33)).



— Погоди-ка! Дай разобраться... Этот пример что-то очень похож на пример с бананом. Чем тогда этот язык лучше? И почему все-таки их так много?

— В самом деле, эти языки во многом схожи. В чем их различие, ты скоро увидишь. А почему таких языков много, легко объяснить. Знания о мире обширны и разнообразны. Каждую область знаний удобно описывать по-своему.

А теперь попробуй сама что-нибудь написать на языке фреймов. Покажи мне, как бы ты описала смысл понятия «лимон».

— Сейчас. По-моему, так: (лимон (цвет: желтый; вкус: кислый; форма: продолговатая)).

— Правильно, молодец! Какие свойства-слоты ты ввела для описания лимона, можешь сказать?

— Конечно. Это «цвет», «вкус», «форма».

— Верно. А как записать понятие «кошка»?

— Попробую.

(Кошка (цвет: черный; кличка: Бегемот; форма: ...)) Стоп. Я не знаю, какое слово подобрать для обозначения формы. Лучше нарисовать.

— Ты права. Мы так и сделаем. В качестве значения свойства во фрейме может стоять имя процедуры (программы). И мы сделаем вот как:

форма: # РИСУЙ ⌴ кошка...

— Ну и что?

— Это значит, что значение свойства «форма» будет вычисляться программой «РИСУЙ», которая нарисует то, что стоит за значком «#». В нашем случает это будет...

— Здорово! Значения, выходит, можно рисовать!

— В первой главе мы познакомились с тобой с СЕМПами для представления смысла предложений естественного языка, помнишь?

— Да. А что, у них есть что-то общее с фреймами? — спросила Настя.

— Есть. СЕМПы удобно записывать в виде фреймов. Ты заметила, что во фреймах можно задавать значения свойств открыто — в виде понятий-слов, и закрыто — в виде программ-процедур?

— Да, заметила.

— В первом случае мы задаем декларативное знание, во втором — процедурное. Фреймы одинаково

приспособлены как для одного, так и для другого. Поэтому они так широко используются. Мы рассмотрели самые простые фреймы, но есть и посложнее.

— Какие же еще бывают фреймы?

— Прежде чем ответить на твой вопрос, приведу отрывок из знакомой тебе книги про Винни-Пуха, и мы обсудим, как его описывать. Идет?

«— Я сейчас думал про Иа,— сказал Пух.

— А что ты думал про Иа?

— То, что ведь бедному Иа негде жить.

— Негде, негде,— согласился Пятачок.

— У тебя есть дом, Пятачок, и у меня есть дом, и у Кристофера Робина есть дом, у Совы, у Кенги, и у Кролика есть дом, а у бедного Иа нет совсем ничего. И вот что я придумал: давай построим ему дом.

И друзья построили Иа дом».

Попробуй придумать название этому отрывку.

— «Добрый поступок Пуха». Или лучше так: «Отзывчивый Пух».

— Молодец! Ты уловила самое главное — увидела, что текст описывает некоторый поступок и дала ему название, оценку. Так происходит, вероятно, потому, что в нашем сознании имеются некоторые типовые описания таких поступков. Помнишь, еще по книжке Маяковского «Что такое хорошо и что такое плохо» мы учились определять разные поступки?

— Это-то я помню. Ну и что?

— Ты спрашивала меня, какие бывают фреймы. Так вот, с их помощью можно выражать не только отдельные сущности типа «яблоко», «кошка», но и целые совокупности действий и поступков. Существуют фреймы поступков, которые описывают схемы, стереотипы поведения человека в типовых ситуациях.

— Схемы поведения? А это что такое?

— Давай обсудим еще один текст. Слушай: «Посадила сестра братца на травке, под окошко, а сама побежала на улицу, заигралась, загулялась. Налетели гуси-лебеди, подхватили мальчика и унесли на крыльях. Вернулась девочка, глядь— братца нету». Что случилось с братцем?

— Его похитили гуси-лебеди.

— Что общего у всех поступков похищения?

— По-моему, это «кто» похищает, «кого», «с какой целью».

— Правильно. Вот это и есть схема поступка, именно из таких слотов и состоит фрейм поступка. Смотри, он выглядит приблизительно так: (похищение (кто:, кого:, куда:; зачем:)).

В определенной ситуации эта схема заполняется конкретным содержанием. Для нашего текста она будет такой: (похищение (кто: гуси-лебеди; кого: братца; куда: жилище Бабы Яги; зачем: на съедение)).

Такие фреймы поступков хранятся в памяти (ее называют также Базой Знаний) нашего знакомца Игоса. Он использует их для анализа текстов, например сказок или детективов. Кроме них, Игос знает и другие фреймы.

— Какие, Игос? — спросила Настя.

— Готов предложить тебе один фрейм. Но сначала ответь: ты любишь отмечать свой день рождения?

— Да, очень. А при чем здесь это?

— А вот как бы ты объяснила мне празднование своего дня рождения?

— Во всяком случае не так, как это сделал Шалтай-Болтай при встрече с Алисой. Помнишь?

— Нет.

— Могу рассказать. «Наступила очередь Шалтай-Болтая выбирать, про что говорить.

— Я получил этот галстук в качестве неденьрожденного подарка.

— Простите, я бы хотела узнать, что такое неденьрожденный подарок?

— Ну, просто такой подарок, который дарят не в день рождения.

Алиса задумалась.

— Мне больше нравятся деньрожденные подарки.

— Ты сама не понимаешь, что говоришь! — закричал Шалтай-Болтай.— Сколько дней в году?

— 365.

— А сколько у тебя дней рождения?

— Один.

— А сколько будет, если от 365 отнять один?

— 364.

— Вот видишь, для неденьрожденных подарков у нас остается 364 дня!»

— Шалтай-Болтай ничего не понимает. Праздник не может быть каждый день! Ты согласна? — загорелся на экране текст от Игоса.

— Конечно, к нему надо готовиться, ждать как чуда, а иначе какой же это праздник! — добавила Настя.

— Давай попробуем составить фрейм под названием «День рождения»,— предложила я Насте.— Какие у него могут быть свойства?

— Сейчас подумаю... Самое главное — это гости, потом — подарок. И еще праздничная одежда, мне очень хочется нравиться своим друзьям. Кроме того, нужно украсить квартиру и приготовить вкусное угощение. Важно суметь развлечь их, чтобы всем было весело и интересно.

— Для описания совокупности больших и сложных действий существуют специальные фреймы, называемые сценариями. В сценарии указываются основные события, которые происходят, когда реализуется сценарий, их свойства и условия протекания. Игос, покажи, пожалуйста, свой сценарий «Дня рождения».

И на экране появились строчки.

(день рождения (

Гости: друзья),

(подарок: должен понравиться),

(одежда: праздничная, самая лучшая),

(украшения: воздушные шары, гирлянды, цветы),

(угощение: пироги, мороженое, лимонад, фрукты),

(развлечения: жмурки, задувание свечей, танцы.))

— Согласна, Настя, с таким днем рождения? — спросила я.

— Да, отличный день рождения!

— С помощью таких сценариев можно описывать различные ситуации: «хождение в школу», «учеба», «поездка на экскурсию» и т. д.

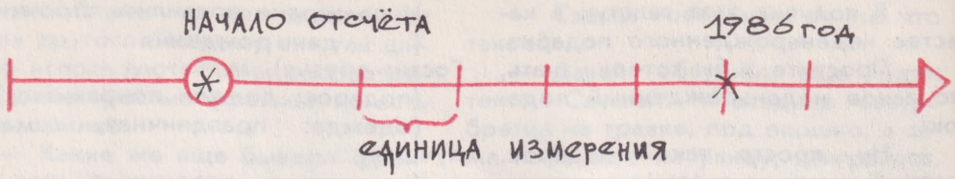
— Час от часу не легче! И это все знает Игос?

— Да. Он многое знает и умеет пользоваться своим знанием. Поэтому с ним интересно общаться. Вернемся, однако, к нашей исходной теме — описанию знаний. Некоторых успехов мы уже достигли: выяснили, **что** надо представлять и **как.** Теперь мы пойдем в этих направлениях дальше.

Я показала тебе, что наше знание складывается из различных познавательных структур (фреймы, сценарии), описывающих смыслы объектов и событий внешнего мира. Но мы не говорили еще о самом главном: как эти объекты и события связаны между собой и как отразить эти связи в модели внешнего мира. Самая важная и самая простая связь между событиями — временна́я. Мы живем в динамическом мире, где все течет и изменяется, как говорят философы. Поэтому прежде всего надо уметь описывать знания о времени.

— Время... Оно такое неуловимое, как же его описать? — задумчиво произнесла Настя.

— Этим мы сейчас и займемся. Движение тела, функционирование системы, смена состояний, да и во-



обще любые изменения в мире происходят во времени. С помощью времени мы соотносим события между собой, говорим, какое событие произошло раньше, какое позже или одновременно.

— Мы говорим еще, на сколько времени одно событие раньше другого,— добавила Настя.

— Верно. Время можно измерять. Его свойства моделируются геометрической прямой, имеющей направление из прошлого в будущее. Задав на этой прямой точку отсчета и единицу измерения, получим шкалу времени. Так появились на свете разные календари. Попробуем теперь определить свойства времени. Какими свойствами обладает геометрическая прямая, знаешь, Настя?

— Сейчас подумаю. Во-первых, она бесконечна, а еще непрерывна. Кажется, все.

— Ты забыла еще про свойство однонаправленности прямой времени. Из чего вытекает одно интересное следствие, которое всем известно.

— Какое же?

— «Нельзя вернуть прошлое». Другими словами, если событие А произошло раньше события В, то событие В не может быть раньше события А. Интересное следствие есть и у свойства непрерывности времени. Оно гласит: если момент времени А произошел раньше момента В, то существует момент времени С такой, что: А раньше С, а С раньше В. Хочу обратить твое внимание, Настенька, на еще одно важное свойство времени. Оно наверняка тебе знакомо. Что ты скажешь вот на это: известно, что событие А произошло раньше события В, а событие В произошло раньше события С. Как связаны между собой А и С?

— Что-что?

— Ну неужели непонятно? Скажем, А — это год, когда ты родилась. В — тебе было пять лет, когда мы впервые поехали на Черное море. А С — это ты пошла в школу...

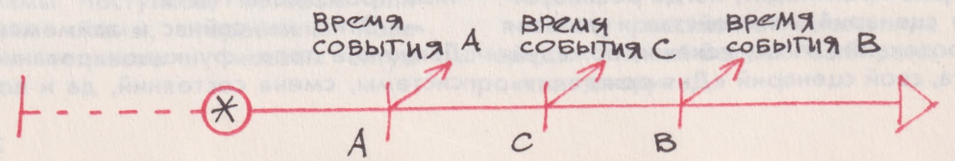
— Неужели нельзя сразу так?.. Значит, А было раньше С.

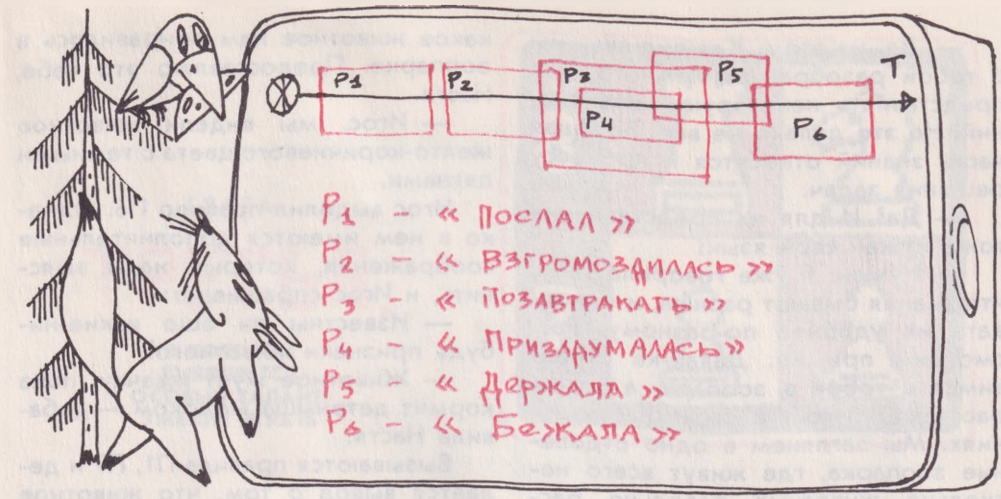
— Это называется свойством транзитивности времени. И наконец, у времени есть еще одно свойство, последнее. Оно говорит о том, что время в любой своей точке течет одинаково, однородно. Оно не ускоряется и не замедляется. Такое свойство называется гомогенностью.

— А разве это свойство всегда соблюдается?

— На Земле — да. Оно может нарушаться в системах, движущихся со скоростью, близкой к скорости света. Это показал — ты, конечно, слышала о нем — великий физик Эйнштейн. При этом я не говорю о различном субъективном восприятии времени. Оно зависит от эмоционального и внутреннего состояния человека. Так, например, при глубоком, спокойном сне ночь может восприниматься как одно мгновение. А теперь посчитай-ка, сколько свойств мы нашли у времени?

— Сейчас попробую. Так, бесконечность и непрерывность — это





два, потом однонаправленность — это три, еще транзитивность и гомогенность — ну и словечки! — всего пять. И все эти свойства известны Игосу?

— Да. Он ими пользуется для того, чтобы определять времена событий и порядок их следования во времени друг относительно друга.

— Мне хотелось бы увидеть, как Игос понимает время, можно?

— Что ж, давай зададим ему какой-нибудь текст и попросим его расположить события из текста по времени. Он должен суметь указать, что произошло раньше, что позже. Согласна?

— Да.

— Тогда предлагай свой текст.

— Сейчас вспомню что-нибудь. Скажем, такой текст: «Вороне где-то бог послал кусочек сыру; на ель ворона взгромоздясь, позавтракать было совсем уж собралась, да призадумалась, а сыр во рту держала. На ту беду лиса близехонько бежала».

Мы подошли к экрану терминала, вызвали программу Игоса и задали ему эту задачку.

Вот его ответ.

— Игос, что за прямоугольники ты тут нарисовал? — спросила Настя.

— Это я для наглядности. Каждый прямоугольник обозначает действие из текста. Я выделил там шесть действий и расположил их на оси времени T в порядке возрастания времен каждого события. Большая часть действий пересекается во времени. Правильно?

Настя подумала и согласилась.

— А теперь вернемся к разговору о языках и посмотрим, какой язык используется для описания знаний о времени? — предложила я.— Мы еще о нем не говорили, но он есть. Основу его составляют так называемые временные отношения между событиями. Как минимум, их может быть два: «Событие A происходит одновременно с событием B». «Событие A происходит раньше события B». Но может быть и больше двух.

— А если события пересекаются во времени, тогда как?

— Для этого надо ввести еще одно временное отношение: «Событие A пересекается во времени с событием B». Имена событий и имена отношений составляют алфавит языка. А предложения в нем выглядят довольно просто, смотри как: $(P_1\ R\ P_2)$.

Здесь P_1, P_2, R — имена событий и отношения.

— И на таком языке Игос рассуждает о времени?

— Да, на этом. Как видишь, мы с тобой разобрались немного, как представлять некоторую часть знаний. Но это далеко не все. Большая часть знаний относится к процессу решения задач.

— Да? И для их представления тоже нужен свой язык?

— Нужен. Я уже говорила тебе, что знания бывают разные, и описывать их удобнее по-разному. Рассмотрим пример. Давай-ка отправимся с тобой в зоопарк, а потом расскажем Игосу о своих наблюдениях. Мы заглянем в одно отделение зоопарка, где живут всего несколько животных довольно распространенных пород. Хотелось бы, чтобы Игос тоже смог узнать некоторых животных.

— А как это сделать?

— Он способен воспринимать лишь признаки животных и по ним догадываться, о ком идет речь. Он может знать цвет, размер, число ног, пищу животного. Чтобы слить воедино эти признаки, у него есть правила распознавания животного по признакам. Например, такие:

П1: если животное дает молоко, то это млекопитающее;

П2: если у животного перья, то это птица;

П3: если животное летает и откладывает яйца, то это птица;

П4: если животное млекопитающее и ест мясо, то это хищник;

П5: если животное млекопитающее и у него есть копыта, то это копытное;

П6: если животное травоядное и у него длинные ноги, тонкая шея, желто-коричневый цвет и темные пятна, то это жираф;

П7: если животное жует жвачку, то оно травоядное.

Теперь проследим, как Игос с помощью этих правил и используя наши конкретные наблюдения узнает, какое животное нам понравилось в зоопарке. Предоставляю это тебе, Настя.

— Игос, мы видели животное желто-коричневого цвета с темными пятнами.

Игос выделил правило П6. Однако в нем имеются дополнительные соображения, которые надо выяснить, и Игос спрашивает:

— Известны ли еще какие-нибудь признаки животного?

— Животное жует жвачку, пока кормит детеныша молоком,— добавила Настя.

Вызываются правила П1, П7 и делается вывод о том, что животное травоядное.

— И последнее,— сказала Настя,— у животного длинные ноги и тонкая шея.

Все условия шестого правила налицо, так что ответ готов:

— Вам понравился жираф.

— Правильно, молодец, Игос!

— Игос показал тебе, Настя, свою способность выбирать решение при распознавании животного. Какими знаниями он пользовался, поняла?

— Правилами П1, П2 и так далее.

— Верно. Правила «если... то...» называются продукциями. Они предназначены для описания знаний о решениях задач. В примере про зоопарк я показала тебе частный случай таких правил, а в общем случае правило продукции имеет вид пары «если ситуация или условие, то действие», которое говорит о том, какое действие следует предпринять в заданной ситуации.

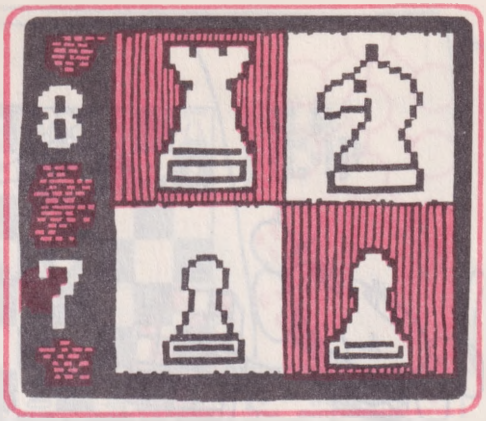
— Да, просто уму непостижимо, как много на свете знаний! И все это надо суметь объяснить Игосу.

— Что поделаешь, мир вокруг нас — велик и многолик. И неудивительно, что он требует от нас больших усилий, чтобы понимать его самим, а тем более наделять пониманием искусственные системы.

ГЛАВА

ТРЕТЬЯ,

В КОТОРОЙ ВЫЯВЛЯЕТСЯ ОСОБЫЙ ТАЛАНТ: УМЕНИЕ ИГРАТЬ



Назавтра снова зарядил дождь. Он все лил и лил, решив, видимо, отработать всю летнюю норму за один день. Настя выглянула в окно: сплошные лужи и пузыри в них прыгают. Ну кому нужно столько дождя сразу? В такую погоду лучше сидеть дома, но чем же заняться? Поиграть, что ли?

— А Игос умеет играть? — спросила меня Настя.

— Смотря во что...

— В шахматы, например.

— Не боишься, что он тебя обыграет?

— До мастера мне, конечно, далеко, но я бы попробовала.

— Что ж, это вполне реально. Программы Игоса можно записать и в память персонального компьютера. Представь, что у нас дома есть такой. Тогда сможешь поиграть с Игосом. Хочешь, я познакомлю тебя с игровыми программами?

— Хочу.

— Большинство игровых программ связано с перебором вариантов игры и поиском среди них лучшего. С решением таких задач могут хорошо справляться и ЭВМ, поскольку они способны легко и быстро решать именно арифметические и переборные задачи. Компьютеры обладают бóльшим быстродействием, чем человек. Поэтому при наличии интеллектуальных задатков решение, найденное программой, может иногда оказаться более дальновидным, чем у партнера.

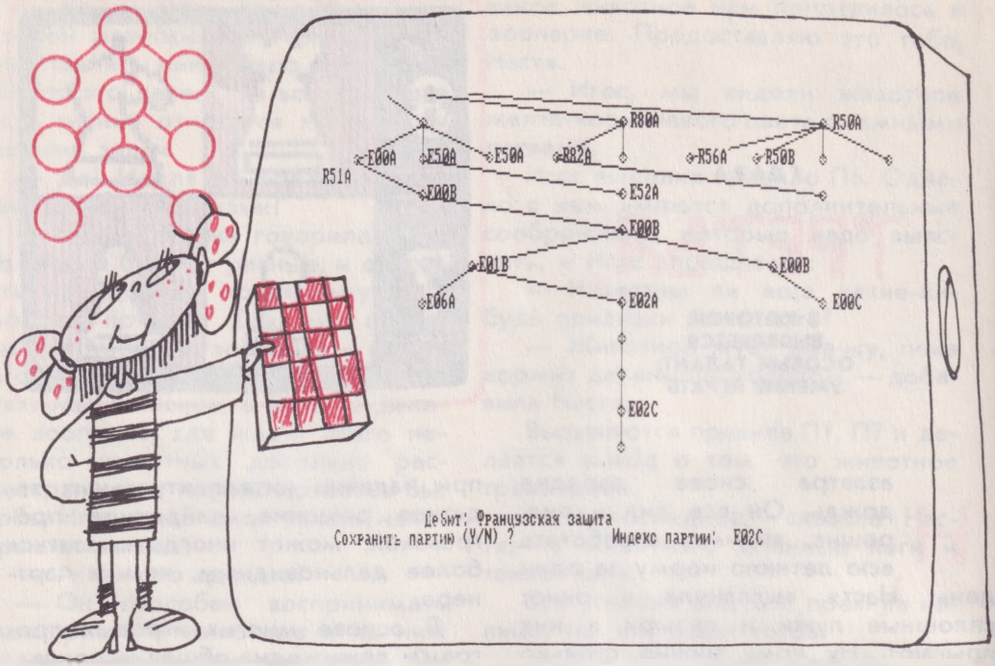
В основе многих игровых программ лежит одна общая идея, связанная с поиском по дереву игры.

— Опять это дерево! — воскликнула Настя.

— Да, опять, и обозначает оно ту же самую структуру, с которой мы уже встречались. Только в вершинах дерева находятся другие понятия. В шахматной программе там содержатся игровые позиции, а дуги означают переход от одной позиции к другой. Напомню, что позиция — это расположение всех фигур на доске в данный момент.

Ты сделала ход, изменилась позиция.

Шахматист изучает расположение фигур на доске, мысленно перебирает варианты, то есть возможные ходы, которые можно осуществить из данной позиции, и выбирает лучший, по его мнению, ход. Большие мастера, как Гарри Каспаров или Анатолий Карпов, например, могут прослеживать около ста вариантов игры. Просмотр вариантов — это и есть поиск по дереву. Смотри:



Программы, работающие с древовидными структурами и отыскивающие в них лучший путь, называются решателями задач. Такие программы имеют дело с перебором вариантов и поиском нужного, а для этого требуется сообразительность и упорство.

— А что такое лучший путь?

— Это зависит от цели. В шахматах лучший путь тот, который в конечном счете приводит к победе. Но в других решателях задач могут быть другие критерии «лучшести».

— Какие?

— Например, так. Тетя Света живет в Баку и приглашает тебя вместе с другом Игосом приехать в гости и провести у нее несколько недель. Она отправляется за город в ближайшее время и просит поскорее приехать к ней, чтобы вместе отправиться к морю.

— Ура! Море — это чудесно! Поедем скорее.

— Вот видишь, теперь для нас критерием будет служить кратчайшая дорога к тетушке. Сейчас достанем карту, посмотрим дерево возможных дорог от дома до дома, выберем лучший путь и способ передвижения.

— Нет, не надо. Я знаю решение: надо лететь самолетом.

— Что ж, ты действительно выбрала самый лучший путь, если говорить о цели нашего путешествия.

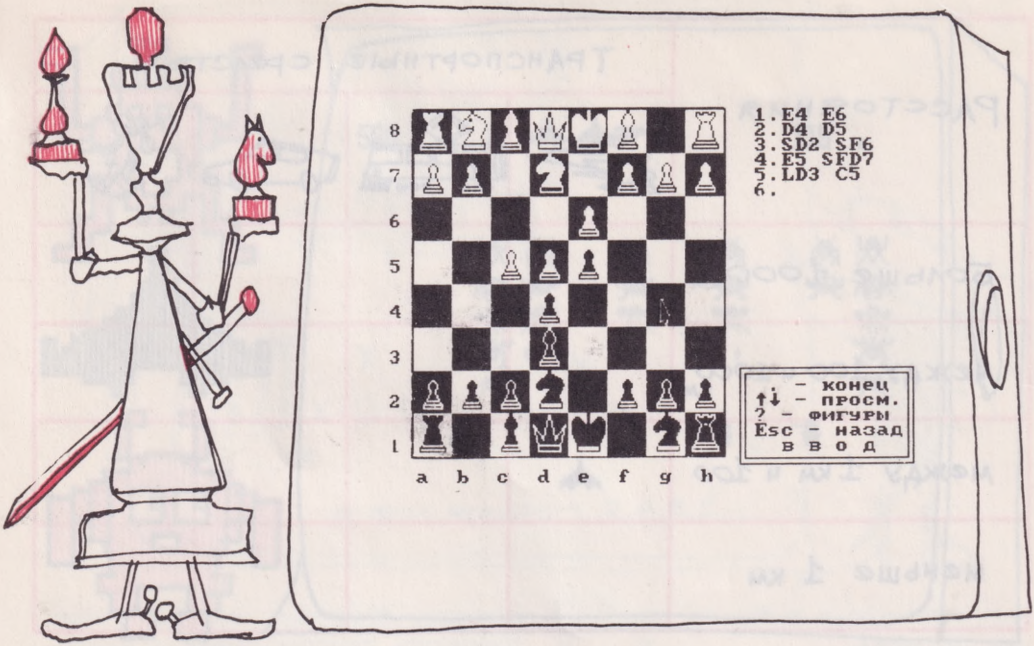
— Игос, ты согласен со мной?— обратилась к нему Настя.

— Сейчас подумаю, я должен найти решение задачки твоей тетушки. У меня в памяти есть таблица, в которой указано, как лучше добираться из пункта А в пункт В, если расстояние между ними задано. Сейчас загляну в нее. Ты права, лучше лететь самолетом.

— Ну вот, мы начали с игр, а пришли опять к задачкам...

— А что, по-твоему, в игре не требуется смекалка? — возразила я.— Ладно, глянь-ка в окно, идет ли дождь?

— Идет по-прежнему. Воды вокруг стало столько, что скоро мы станем робинзонами.



— Ну что ж, значит, самое время играть с Игосом.

— Игос, какие игры ты еще знаешь? — спросила Настя.

— Я умею играть не только в шахматы. Мне известны шашки и домино, морской бой и игра в слова, игра го, пришедшая из далекой страны Японии, и игра в нарды из Персии. Кроме того, у меня хранится масса увлекательных видеоигр.

— О, да у тебя целая игротека! Видеоигры — это что-то новенькое... Покажешь?

— Пожалуйста. Вызываю игру «Паника», напоминающую игру в «кошки-мышки». Объясняю правила игры и ситуации в ней (см. стр. 34).

Представь себе, что ты попадаешь во что-то вроде дома с пятью этажами, где живут «страшилы». Этажи соединены между собой лестницами разного типа, и по этажам случайным образом бегают эти существа. Твоя задача: находясь первоначально на нижнем этаже и имея возможность передвигаться влево-вправо (и вверх-вниз, если есть лестница), уничтожить «страшил». Для этого у тебя есть топорик, которым ты можешь рубить дыры в этажах и сталкивать туда «страшил». Вот тебе три клавиши, которые управляют твоим движением по этажам и топориком. Если не успеешь уничтожить «страшилу» и столкнешься с ним, то он тебя побеждает. После того как ты уничтожишь всех «страшил», игра перейдет на следующий уровень сложности, а твои способности будут оценены. На другом уровне появится большее количество «страшил» (на более сложных уровнях игры даже существа другого качества, еще более «страшные»), и твоя борьба продолжится. Попробуй победить, испытать себя в такой среде. Начинай.

Прошло немного времени. Настя вполне освоилась с игрой.

— Отличная игра, Игос! Она меня многому научила: быть терпеливой, быстро реагировать на ситуацию, не ошибаться.

— Ты хорошо подметила! Я бы сказал, что эта игра тренирует ско-

Расстояния	Транспортные средства			
Больше 1000 км				
Между 100 и 1000 км				
Между 1 км и 100				
Меньше 1 км				

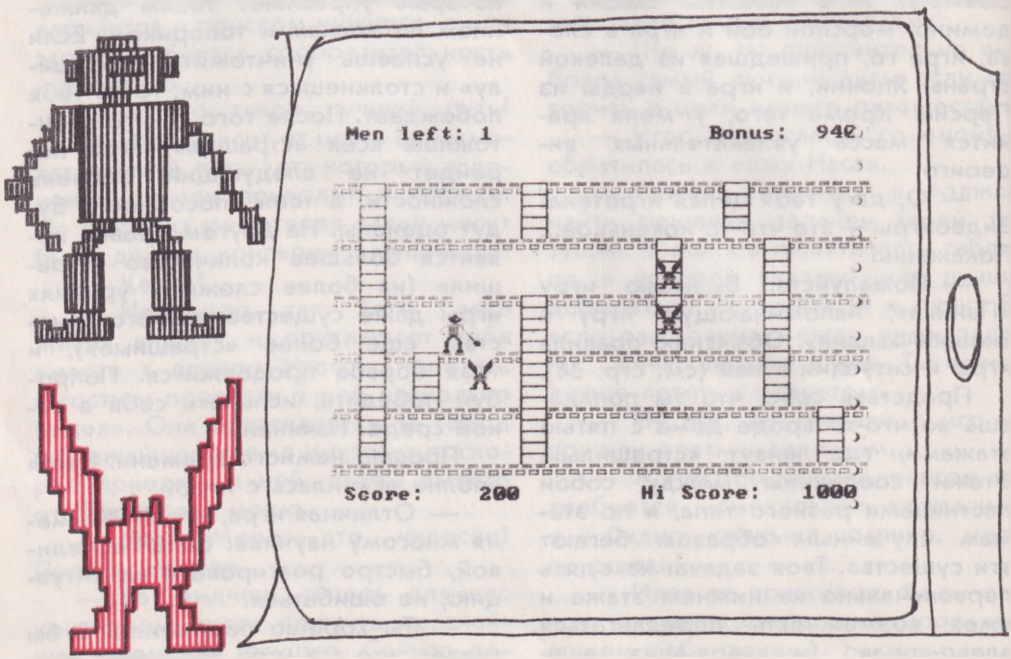
рость реакции и точность мышления. Это тебе пригодится.

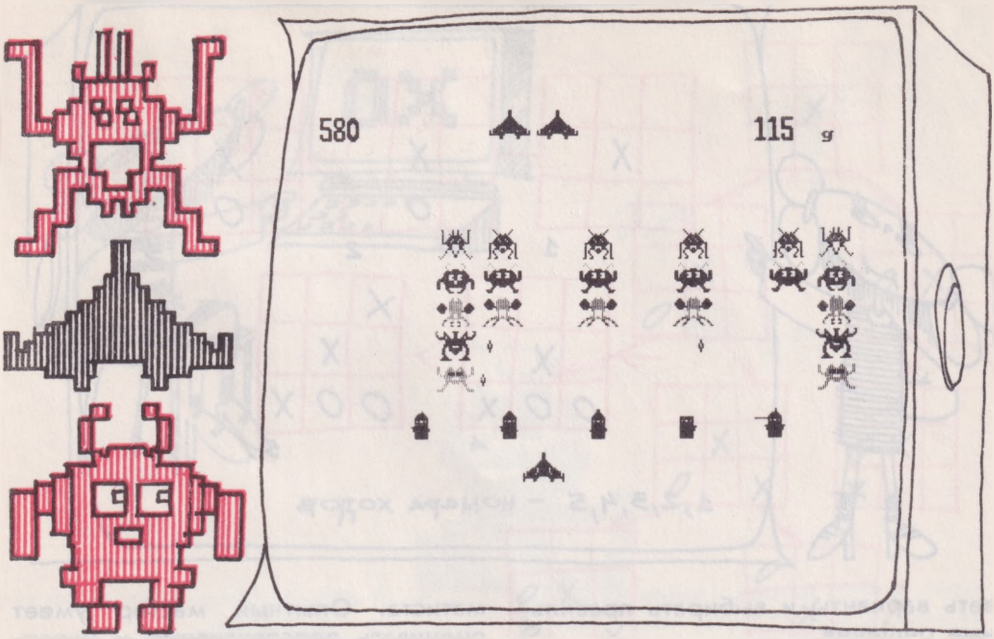
— А можно заглянуть в твой игровой каталог, что там еще есть?

— Пожалуйста.

— Ух, сколько их! Покажи вот эту.

— Эта игра напоминает нашествие марсиан на вертолетиках. Представь, они заполнили всю нашу ком-





нату и не дают, например, уснуть, а тебе как раз снился такой интересный сон.

— А откуда ты знаешь про сны? Что, они тебе снятся тоже? — удивилась Настя.

— Да нет. О снах я знаю по текстам из книг, которые у меня записаны. А мне сны не снятся, моя «голова» устроена иначе. Однако я продолжу рассказ об игре. Ну так вот, эти марсиане еще умеют плеваться ядовитыми капельками. Если они попадут в тебя, ты заболеешь. Надо вовремя ее сбить вот из этой пушки, смотри. Начинай.

— Молодец, справилась. Я усложню игру: увеличу число пришельцев и скорость их движения. Попробуй теперь.

Так они играли долгое время напролет и даже не заметили, куда девался дождь. Тут Настя вспомнила свою давнюю детскую игру в крестики-нолики.

— Игос, давай поиграем в крестики-нолики!

На минуту экран потемнел. Игос задумался.

— Нет, такой игры я не знаю.

— Тогда я научу тебя. Рисуем табличку с клетками размером 3×3, то есть всего девять клеток. По очереди будем ставить в клетках свой символ. Я буду ставить, например, нолик — 0, а ты крестик — X. Кто быстрее выстроит в одну линию свои символы, тот победит. Начинай, Игос.

Ты выиграл!

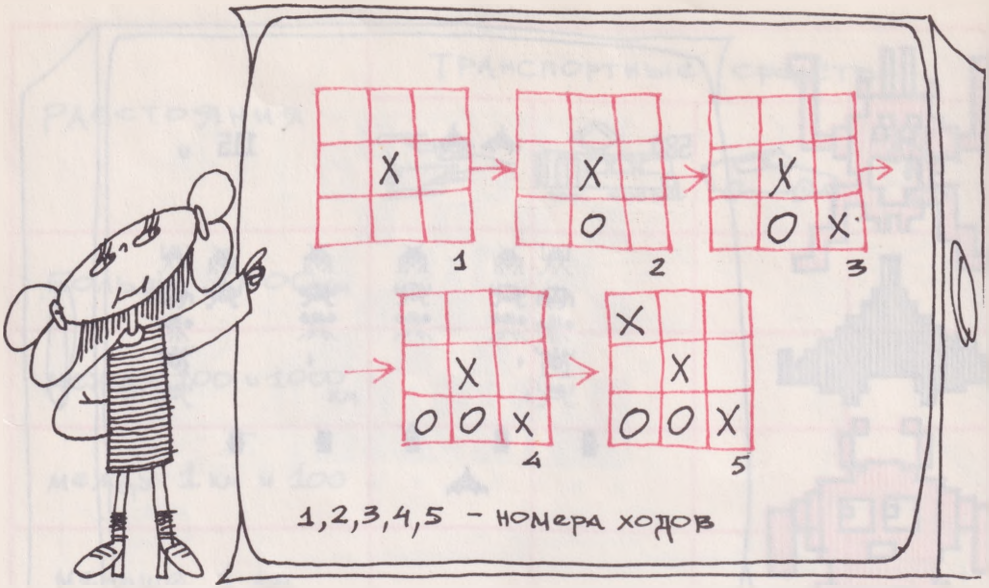
— Да, но за счет твоей ошибки. Почему ты в четвертой позиции поставила нолик не по диагонали?

— Мне хотелось доставить тебе радость победы.

— Спасибо, друг. Однако получается, что, если не делать ошибок, эта игра всегда сводится к ничьей.

— Да, верно, Игос. В такой простой игре можно избежать ошибок. А в шахматных программах как обстоит дело? — обратилась ко мне Настя.

— В них все гораздо сложнее. Для крестиков-ноликов дерево позиций не очень большое, его сравнительно легко строить, просматри-



вать варианты и выбирать правильные решения.

Для шахмат такое дерево — огромного размера: известно, что общее число вариантов в шахматах оценивается числом 2×10^{116}. Для перечисления всех ветвей шахматной игры не хватило бы времени работы ЭВМ, даже если б она работала в течение всей жизни программиста.

— Как же тогда действуют шахматные программы?

— Прежде всего они не строят всего дерева игры от начала до конца. Есть деревья, описывающие начало игры (дебют), которые содержат всевозможные позиции, соответствующие начальным ходам игроков. (Такое дерево я тебе показывала в начале разговора.) Есть деревья, описывающие различные варианты окончания шахматной партии. Программы, не говоря уже о шахматистах, никогда не перебирают все мыслимые варианты игры. Выбираются только те продолжения игры, которые приводят к «лучшей» позиции.

— А как?

— В этом и состоит талант шахматиста. Опытный мастер умеет оценивать перспективные и неперспективные ходы, умеет определять пути, ведущие к победе.

— А как научить программу искать эти пути?

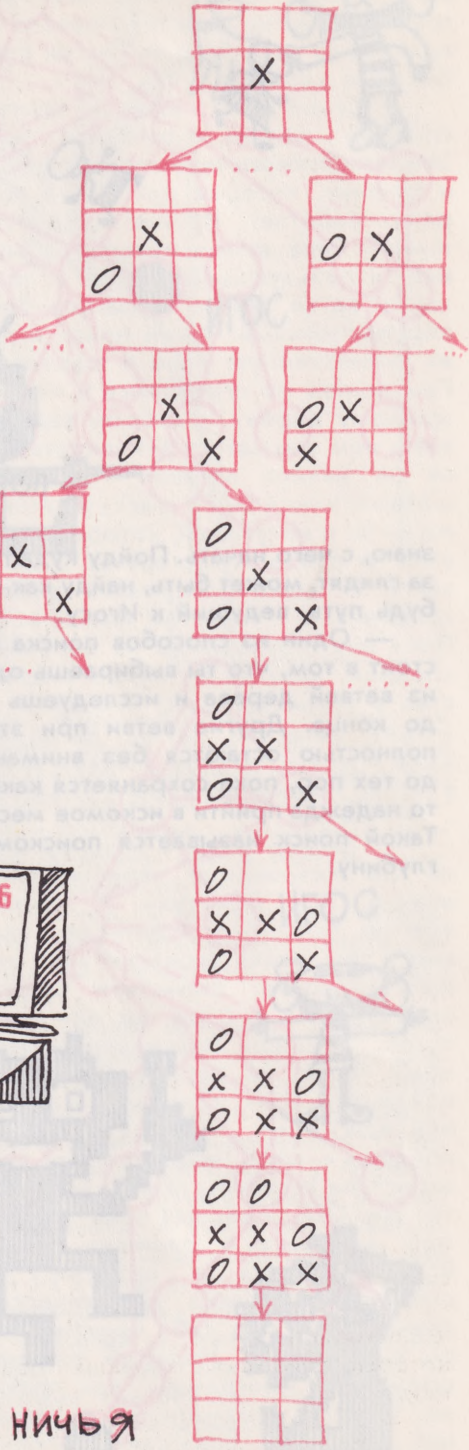
— Существует несколько способов. Они связаны с исследованием наших деревьев, по которым можно «лазать» по-разному. Взгляни:

Начальная вершина дерева — это исходная позиция, а одна (или несколько) конечных вершин — победные. Их надо отыскать в этом дереве.

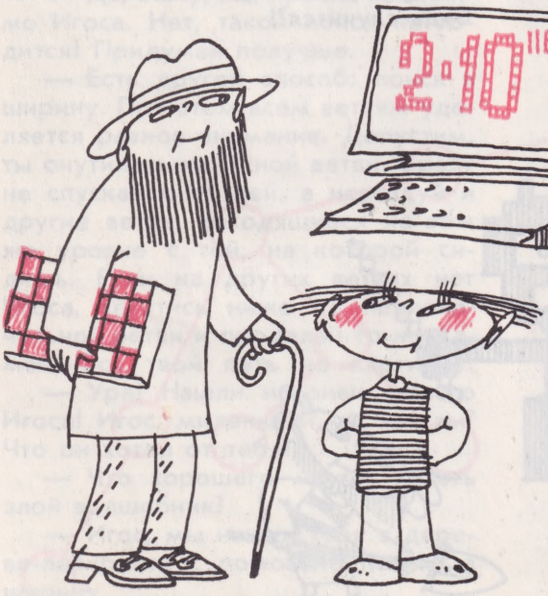
— Ну и как?

— Представь, что злой волшебник НИЗАЧТО похитил у тебя твоего друга Игоса и поместил его в одну из конечных вершин ужасно длинного и раскидистого дерева-лабиринта. Пустые (то есть без Игоса) конечные вершины фактически являются тупиками, и тебе придется выбираться из них. Ты находишься в начале дерева, и тебе нужно найти Игоса, спускаясь вниз по ветвям, и вызволить его из беды. Учти, что увидеть лабиринт сверху ты не можешь, как это ты делаешь, глядя на картинку. Итак, в путь. Куда ты пойдешь?

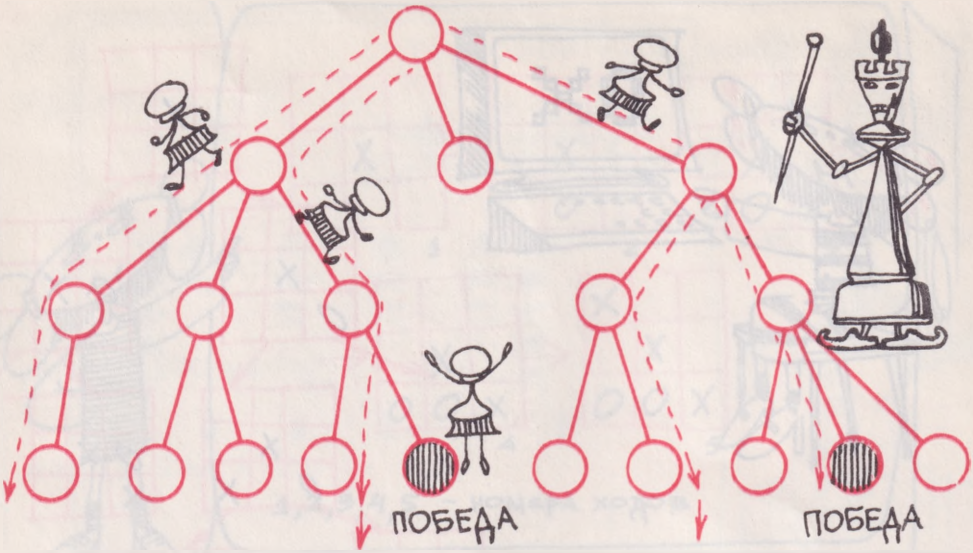
— Ну и задала задачку... Не



ПОБЕДА



НИЧЬЯ



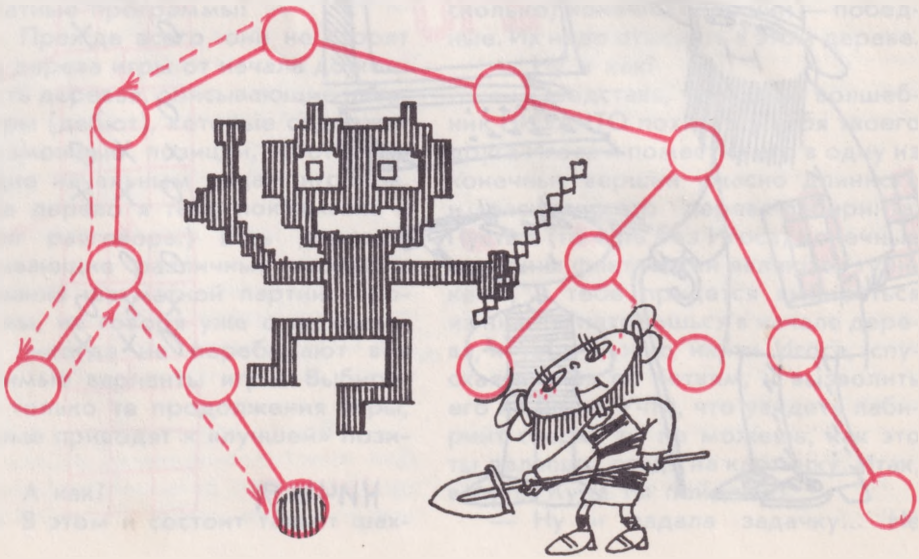
знаю, с чего начать. Пойду куда глаза глядят, может быть, найду как-нибудь путь, ведущий к Игосу.

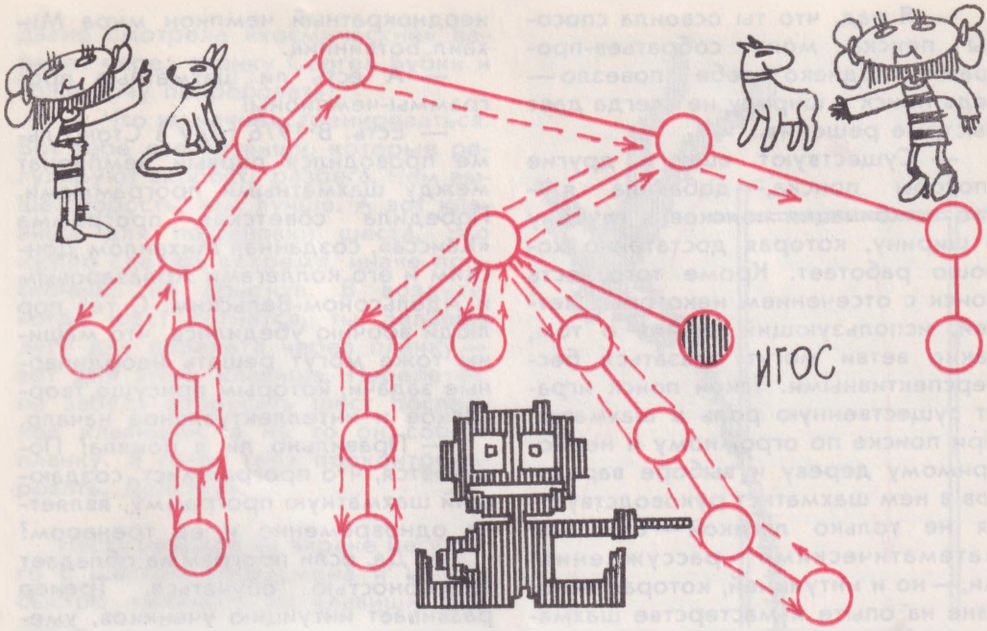
— Один из способов поиска состоит в том, что ты выбираешь одну из ветвей дерева и исследуешь ее до конца. Другие ветви при этом полностью остаются без внимания до тех пор, пока сохраняется какая-то надежда прийти в искомое место. Такой поиск называется поиском в глубину.

— А если выбранная ветвь ведет к тупику, что тогда?

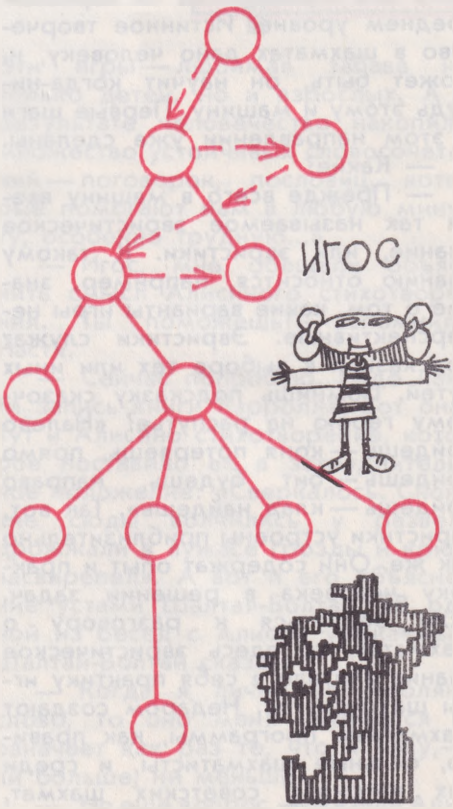
— В этом случае вернемся назад к ближайшей развилке и пойдем по другой ветви, как это показано на рисунке:

— Выходит, что, если дерево «густое», можно очень долго искать Игоса или запутаться в поисках. А вдруг за это время с ним что-нибудь случится?!





— Действительно, поиск в глубину — опасная затея. На это и рассчитывал волшебник НИЗАЧТО. Можно напрасно потратить много сил и все же проскользнуть мимо той ветви, в которой спрятан Игос. Так случилось вот на этом дереве:



— Да, вижу, мы проскочили мимо Игоса. Нет, такой поиск не годится! Придумай получше.

— Есть другой способ: поиск в ширину. При этом всем ветвям уделяется равное внимание. Допустим, ты очутилась на одной ветви. Сразу не спускайся по ней, а исследуй и другие ветки, находящиеся на том же уровне с той, на которой сидишь. Если на других ветвях нет Игоса, спустись ниже по первоначальной ветви и проделай то же самое. Вот твой путь на картинке:

— Ура! Нашли наконец нашего Игоса! Игос, миленький, ну как ты? Что он хотел от тебя?

— Что хорошего может хотеть злой волшебник?

— Игос, мы нашли тебя в дереве-лабиринте с помощью поиска в ширину.

— Я рад, что ты освоила способы поиска моих собратьев-программ. Однако тебе повезло — ведь поиск в ширину не всегда дает быстрые решения.

— Существуют еще и другие способы поиска,— добавила я.— Это комбинация поисков в глубину и ширину, которая достаточно хорошо работает. Кроме того, есть поиск с отсечением некоторых ветвей, использующий знания о том, какие ветви могут оказаться бесперспективными. Такой поиск играет существенную роль в шахматах. При поиске по огромному и необозримому дереву и выборе вариантов в нем шахматист руководствуется не только логикой — строгими математическими рассуждениями,— но и интуицией, которая основана на опыте и мастерстве шахматиста. И здесь программе трудно соперничать с талантом шахматиста. Пока она играет лишь на хорошем среднем уровне. Истинное творчество в шахматах дано человеку, и, может быть, он научит когда-нибудь этому и машину. Первые шаги в этом направлении уже сделаны.

— Какие?

— Прежде всего в машину ввели так называемое эвристическое знание, или эвристики. К такому знанию относится, например, знание о том, какие варианты игры неперспективные. Эвристики служат подсказкой в выборе тех или иных путей. Помнишь подсказку сказочному герою на распутье? «Налево пойдешь — коня потеряешь, прямо пойдешь — бит будешь, направо пойдешь — клад найдешь». Так вот, эвристики устроены приблизительно так же. Они содержат опыт и практику человека в решении задач. Если вернуться к разговору о шахматах, то здесь эвристическое знание впитало в себя практику игры шахматистов. Недаром создают шахматные программы, как правило, сильные шахматисты, и среди них патриарх советских шахмат, неоднократный чемпион мира Михаил Ботвинник.

— А есть ли шахматные программы-чемпионы?

— Есть. В 1976 году в Стокгольме проводился первый чемпионат между шахматными программами. Победила советская программа «Каисса», созданная Михаилом Донским и его коллегами Арлазаровым и Адельсоном-Вельским. С тех пор люди воочию убедились, что машины тоже могут решать неординарные задачи, которым присуще творческое и интеллектуальное начало.

— Правильно ли я поняла? Получается, что программист, создающий шахматную программу, является одновременно и ее тренером?

— Да, если программа обладает способностью обучаться. Тренер развивает интуицию учеников, умение вести атаку и защищаться, активно работать над шахматным опытом и даже бороться с самоуверенностью. Программы учить сложнее, ведь они совсем другие. Им в большей степени подвластна логика, нежели искусство и спорт. Надо суметь объяснить программе искусство на ее же языке.

— Это возможно?

— В некоторой мере да. Мы еще вернемся к этому вопросу. А сейчас взгляни, Игос приглашает тебя играть. Подойдем поближе и посмотрим, в чем дело.

Мы подошли к экрану. Он светился ярким, красочным приглашением к игре.

— Игос приглашает меня заняться спортом. Я согласна! — сказала Настя.

На экране загорелся текст:

— Объясню, как играть в «спортивную» видеоигру «Десятиборье». Здесь все как в спорте — тренировки и соревнования по десяти легкоатлетическим видам: бегу, прыжкам в длину, высоту, прыжкам с шестом, толканию ядра. Каким видом мы займемся?

— Прыжками с шестом. Я не-

давно смотрела «космический» перелет через планку Сергея Бубки и тоже хочу попробовать!

— Что ж, начнем тренироваться. Вот тебе две клавиши, которые регулируют скорость разбега. Чем выше скорость, тем лучше. А вот клавиша для постановки шеста. Это нужно сделать вовремя, иначе проскочишь не прыгнув. В воздухе, когда шест согнется, ты делаешь дугу для перелета через планку — вот для этого клавиша. Перелетев, не забудь отбросить шест последней клавишей, а не то он собьет планку. Я готов тебя проконтролировать. Действуй.

Настя увидела на экране бегущего с шестом спортсмена и начала быстро нажимать на клавиши скорости.

— Приближаюсь к планке, ставлю шест... Не получилось! Почему?

— Мала скорость. Попробуй еще. Тебе надо тренироваться.

Настя так увлеклась тренировками с Игосом, что забыла обо всем на свете. Прошел час, а они все «готовились к соревнованиям». За это время Настя с помощью Игоса успела даже «овладеть» уровнем мастера спорта.

— Вот это да! — оторвалась наконец от игры Настя.— Чувствую, что и дня мне не хватит на эти игры.

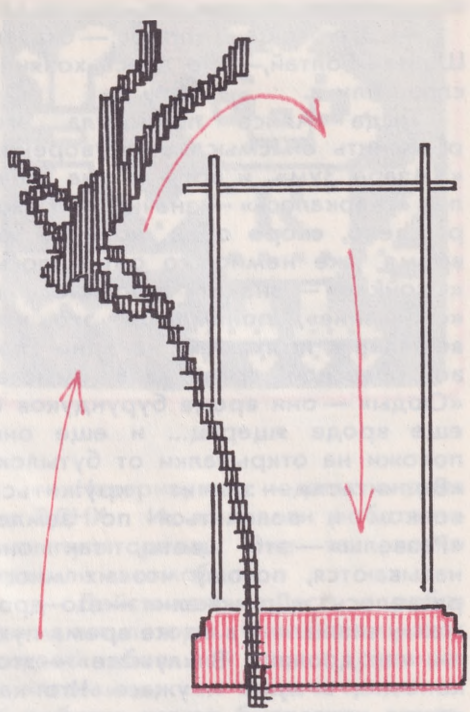
Через некоторое время она вспомнила свою любимую игру в слова и захотела узнать, что думает по этому поводу Игос.

— Игос, а ты знаешь, что есть на свете игры в слова?

— Кое-что мне знакомо. А какие игры известны тебе?

— Это «Эрудит», кроссворды на различные темы, ребусы, загадки.

«Как все повторяется! — подумала я.— Я тоже любила играть в слова, а теперь Настя... Видимо овладев таким могучим оружием, как слово, человек с древних времен почувствовал вкус к различным каламбурным построениям из слов.



Эти игры — любимая забава не только детей, но и взрослых. А в результате человечество накопило множество устойчивых словосочетаний — поговорок, пословиц, которые помогают нам в любую минуту, особенно трудную...»

— Игос, мне обещали объяснить смысл Алисиного стихотворения. Ты поможешь? — вспомнила Настя.

— Сейчас попробую. Надо найти запись книги Кэрролла. Вот она. Тут и Алисино стихотворение, которое поставило ее в затруднительное положение: «Сверкалось. Скойкие сюды волчились у развел, дрожжали в лужасе грозды и крюх засвирепел». А вот и его объяснение устами Шалтая-Болтая. «В одной из бесед с Алисой уважаемый Шалтай-Болтай сказал:

— Когда я лично употребляю слово, то оно меня слушается и означает как раз то, что я хочу,— ни больше, ни меньше.

— Но еще вопрос,—сказала Али-

са,— захотят ли они вас слушаться!

— Это еще вопрос,— сказал Шалтай-Болтай,— кто здесь хозяин: слова или я.

Тогда Алиса попросила его объяснить ей смысл стихотворения «Умзара Зум», и вот что она узнала: «сверкалось» — значит, что уже рассвело, скоро обед, но в то же время уже немножко смеркалось. «Скойкие» — значит «бойкие» и «скользкие», понимаешь, это как вешалка в прихожей: на одно слово повесили сразу два смысла. «Сюды» — они вроде бурундуков и еще вроде ящериц... и еще они похожи на открывалки от бутылок. «Волчиться» — значит кружиться волком и волочиться по земле. «Развелы» — это цветы, так они называются, потому что их много развелось. «Дрожжали» — это дрожали, визжали и в то же время пухли, как дрожжи. В «лужасе» — это, конечно, в луже и ужасе. Что касается «гроздов», то это маленькие робкие птички, перья у них торчком...»

— Все, достаточно, Игос. Я все поняла, это, действительно, стихотворение, которое «ум за разум заведет». Такое и я могу придумать. Игос, давай с тобой поиграем в «кто во что горазд».

— Давай, только объясни.

— Ну, например, я тебе — слово, а ты мне — два.

— Начинай.

— Пуганая ворона куста боится,— сказала Настя.

— Пуганая корова на хвост садится.

— В огороде бузина, а в Киеве дядька.

— Под забором лопух, а дома — канарейка,— вывернулся Игос.

— Вчера ты встретился с седьмой водой на киселе.

— Ну и как, вкусно?

— Да нет, готова была залезть в бутылку!

— Ты что, джин?

— Твоими бы устами да мед пить,— ответила Настя.— Кстати, что ты имел в виду: джин или джинна?

И тут на экране возникло:

— Все, сдаюсь, попал впросак. Ты меня запутала, без специального словаря мне не обойтись. Поможешь составить словарь твоих терминов и их смыслов?

— Они вовсе не мои. Это фразеологизмы, известные каждому. Помогу, конечно, Игос. Вот пойму, как ты обучаешься, и помогу...

— Договорились. Узнавай поскорее, я жду. До встречи.

Игос закончил сеанс общения и отключился.

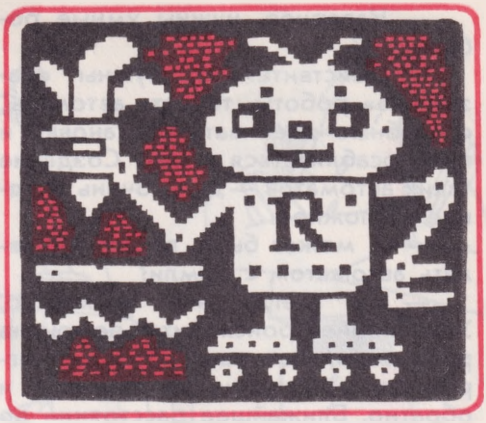
Так подошли к концу наши игры. Хочу добавить лишь несколько слов.

В игре человек познает самого себя и окружающий его мир, и занятие это достаточно серьезное и важное. В основу многих своих игр дети, например, включают дела и события из жизни взрослых. Так, девочки любят играть в «дочки-матери», а мальчики в «казаков-разбойников». В таких играх происходит моделирование ситуаций реального мира и способов поведения в нем. Ситуации при этом немного упрощаются, а действия ограничиваются набором правил поведения. Шахматная игра когда-то, так же как и «казаки-разбойники», была моделью определенной ситуации — ведения боя. Правда, с тех далеких времен ситуации сильно изменились, но игра осталась на радость людям. Итак, игра есть не что иное, как одна из форм целесообразного поведения, при котором планируется и достигается определенная цель. «Игры» дали начало новому направлению в теории искусственного интеллекта, а именно теории целесообразного поведения. Такое поведение присуще современным интеллектуальным роботам. Пойдем дальше и посмотрим, что они умеют.

ГЛАВА

ЧЕТВЕРТАЯ,

В КОТОРОЙ ПРОЯСНЯЕТСЯ НЕБЕСПОЛЕЗНЫЙ ТАЛАНТ: ЦЕЛЕСООБРАЗНОЕ ПОВЕДЕНИЕ



11 часов бортового времени. Спускаемый аппарат, на борту которого робот-исследователь Робби, отделился от космического корабля и направился к поверхности Венеры. Шар планеты становится все больше и больше, еще несколько минут, и Робби увидит наконец мир Венеры, «Утренней и Вечерней звезды», как ее называют на Земле. Каким он предстанет перед Робби, зависит от того, что способен увидеть робот.

Игос передал свои программы Робби, программисты и конструкторы записали их, наряду с другими, в «мозг» робота. Теперь он сможет изучать планету и передавать свои данные землянам.

— Интересно, как выглядит Робби, на что он похож? — спросила Настя.

— Робби не такой, как люди и животные, он из другой материи, поэтому совсем не обязательно ему походить на них. Роботы могут выглядеть по-разному. В зависимости от того, где и для чего используются. Например, бывают роботы, напоминающие паучков или гусениц, бывают антропоморфные (то есть человекоподобные) роботы, а могут быть и роботы такой конструкции, у которой нет аналогов в живом мире.

— Наверно, я их недавно видела на ВДНХ... Их называли роботами-манипуляторами. Они так ловко красили автомобиль.

— Действительно, есть и роботы-манипуляторы. Они напоминают скорее небольшой кран с «руками» и «глазами», чем живое создание. У роботов могут быть свои конструктивные законы, иная соразмерность частей, нежели у человека или животного. Но всех объединяет то, что и люди, и животные, и роботы обладают «телом» — системой, воспринимающей окружающий мир. Роботы, в отличие от ЭВМ, имеют рецепторы и эффекторы. С помощью рецепторов робот видит предметы в мире, их цвет, форму, расположение в пространстве. Эффекторы робота позволяют ему совершать различные сложные и точные движения.

— Мне кажется, что робот-исследователь и робот-манипулятор должны как-то отличаться друг от друга, ведь задачи у них разные.

— Отличие здесь вот в чем. Ученые знают, что должен сделать для науки робот на Венере, но они почти ничего не знают о том, с какими условиями он там столкнется. Поэтому автоматы с жесткой программой, как у роботов-манипуляторов, не годятся для отправки на другие планеты.

— Наверное, нужны умные роботы, да?

— Действительно, нужны «разумные» роботы, то есть автоматы, способные оценивать обстановку и приспосабливаться к ней. Создание таких автоматов — дело очень трудное и сложное.

— А может быть, проще управлять автоматом с Земли?

— Не всегда это возможно. Управление происходит с помощью радиоволн, которые проходят огромное расстояние от планеты и обратно. Ближайшее расстояние до Венеры 42 миллиона километров, а самое дальнее — 258 миллионов километров. Так что в лучшем случае для пути от Земли до Венеры радиосигналу потребуется время 140 секунд, в худшем — 14 минут. Учти, что скорость радиосигнала равна скорости света, а это самая большая скорость в нашей Вселенной. Поэтому время в пути никакими силами нельзя уменьшить.

— Ну и что? Пусть будет и такое время, ведь автомат может подождать.

— Пока он будет ждать подсказку с Земли, на него может обрушиться что-нибудь, да мало ли что может произойти в незнакомой обстановке? Ведь каждая трещина, каждый камень грозит нашему посланнику. Поэтому управление с большим запаздыванием по времени — дело безнадежное. У нас мало шансов помочь роботу или спасти его.

— Значит, в таких условиях робот должен действовать самостоятельно?

— Конечно.

— А как? Что он должен уметь?

— Во-первых, видеть окружающий мир. Во-вторых, планировать свои действия и осуществлять их. Кроме того, робот должен следить за системой своего жизнеобеспечения, приспосабливаться к условиям среды и обладать важным для нас качеством: умением вести сеансы связи (диалоги) с учеными на Земле.

— Что значит для робота видеть окружающий мир?

— Одна из первых проблем, с которой сталкивается робот, снабженный электронным глазом,— это так называемая задача анализа сцен.

— Мне непонятно, что такое сцена?

— Вспомни, как выглядит сцена в театре.

— Это небольшое пространство, где происходит действие. На сцене есть декорация — различные предметы, интерьер...

— Верно. Однако для робота понятие сцены более абстрактное. Это совокупность тел, рассматриваемых с какой-либо точки наблюдения. Размеры сцены ограничены — так же, как в театре или на экране телевизора. В результате анализа сцены робот выясняет, сколько объектов присутствует на сцене, каковы их пространственные взаимоотношения и каковы свойства отдельных предметов.

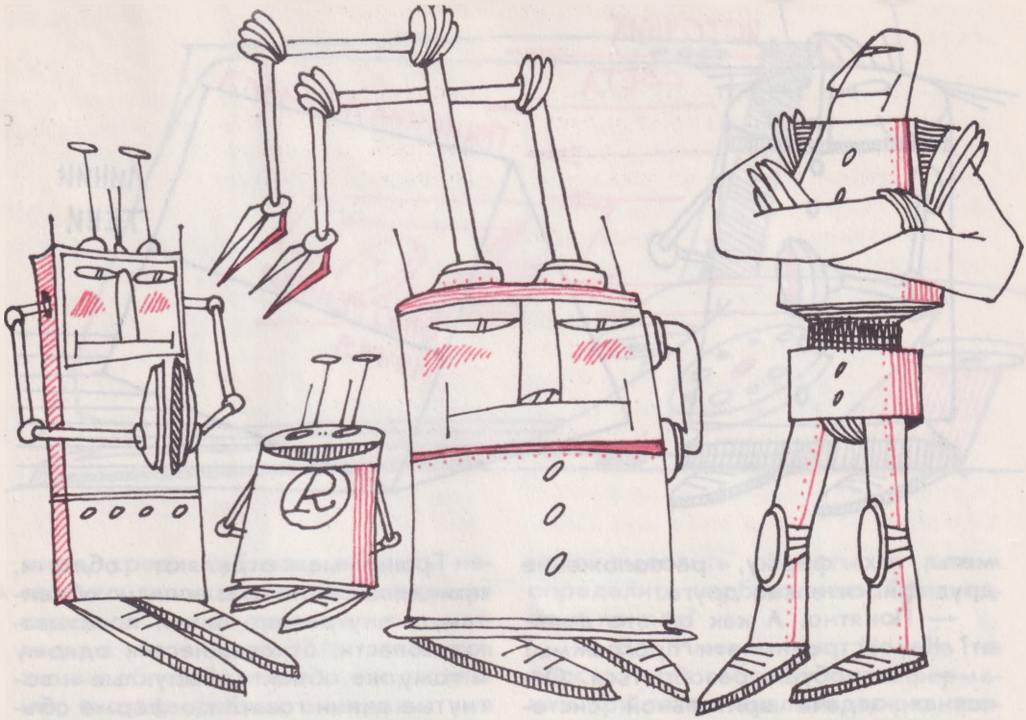
— Интересно, а как робот видит?

— Электронный глаз робота — это телекамера, воспринимающая изображение объекта и соединенная с микроЭВМ. В памяти микроЭВМ хранятся программы зрения, их называют зрительной системой робота. Эти программы преобразуют сигналы, поступающие от телекамеры, в контурные рисунки, изображения объектов.

— А сколько глаз у робота?

— Глаз у робота может быть столько, сколько нужно для решения задач в определенной области. Задумывалась ли ты, Настенька, как ты видишь мир, что различаешь в нем?

— Ну, как? Вижу цвет, форму, могу узнать предмет, описать, где он находится.



— Правильно. Но оказывается, для того чтобы видеть, нужен интеллект.

— Что? И тут тоже интеллект?

— Конечно, и скоро ты в этом убедишься. Решать полностью задачу восприятия для робота довольно трудно. Пока что удалось решить не все задачи, которые с успехом решает человеческое зрение, а простейшие, в рамках ограниченного мира простых объектов.

— Каких?

— Например, мира, с которым ты уже сталкивалась когда-то: мира, где все предметы из набора детских кубиков.

— И что же может разглядеть робот в таком мире?

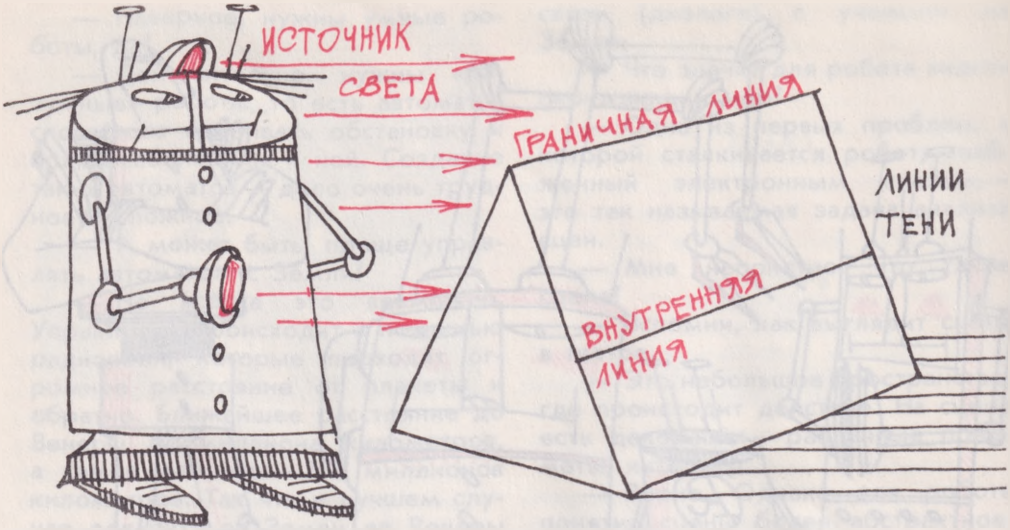
— Он может увидеть контур объекта, найти его среди других, определить его расположение в пространстве. Обычная телекамера передает изображения предмета, фактически не понимая его. При анализе сцен роботу приходится принимать решение, как толковать (интерпретировать) каждую линию, каждую грань предмета.

— Получается, что то, что мы видим, зависит от качества зрительной системы?

— Конечно, именно так. Чем сложнее зрительная система, тем богаче для обладателя ее окружающий мир. И этот мир, который зрительно воспринимает человек, совсем не похож на тот, который видит кошка или воробей.

— Вот это да! И насколько же зрение робота близко к нашему?

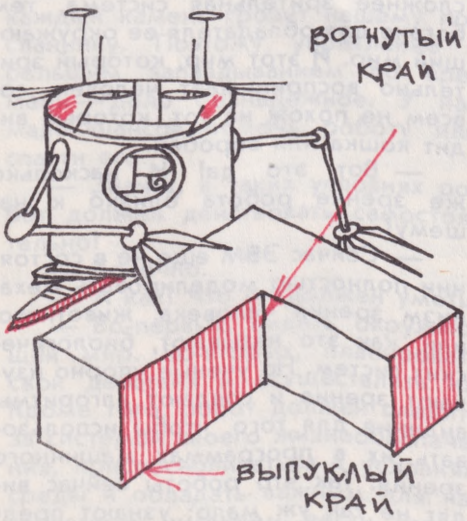
— Сейчас ЭВМ еще не в состоянии полностью моделировать механизм зрения человека, животного, или, как это называют, биологических систем. Но ученые упорно изучают зрение и создают алгоритмы видения для того, чтобы использовать их в программах машинного зрения. Так что роботы сейчас видят не так уж мало: узнают пред-



меты, их форму, расположение друг относительно друга.

— Понятно. А как он это делает? Как устроены эти программы?

— Попробуем разобраться. Основная задача зрительной системы — интерпретировать, то есть понять, разобраться в линиях предмета. Линии ведь бывают разными: граничные и внутренние, выпуклые и вогнутые. Посмотри, они показаны на этих рисунках.

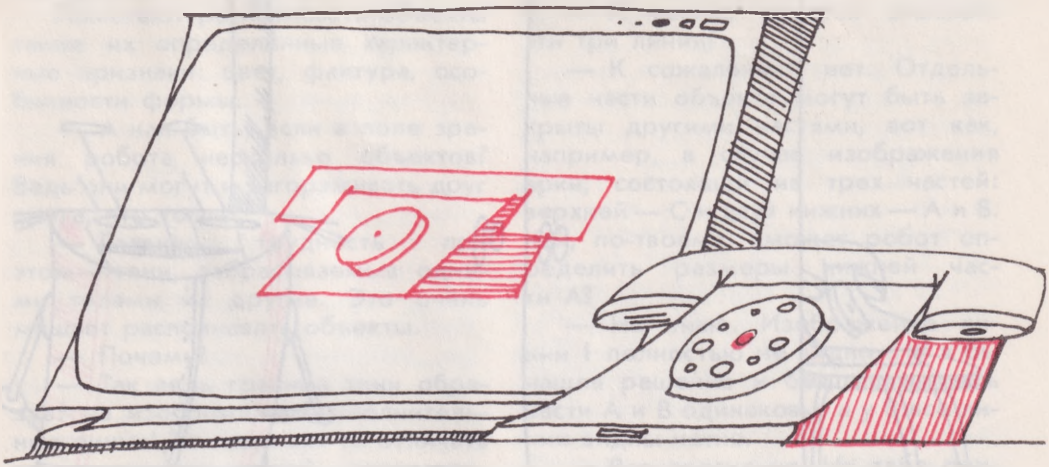


Граничные отделяют области, принадлежащие различным объектам, а внутренние линии показывают области, относящиеся к одному и тому же объекту. Выпуклые и вогнутые линии говорят о форме объекта.

В реальном мире сочетаются различные типы линий, сочетаются определенным образом, так что возможности сочетаний ограниченные, поэтому значительно легче находить их и истолковывать. (Вообще говоря, зрительная система робота способна интерпретировать не только линии, но и грани, и форму предметов.)

— Интересно, какие линии в первую очередь выделяет робот?

— Те же, что и многие другие системы зрения: к примеру, границы между объектом и фоном (то есть остальной средой, не принадлежащей к анализируемой фигуре). Граничные линии разбивают окружение робота на какие-то части, составляющие сцену (объекты), с них и начинается анализ сцены. Затем робот изучает внутреннюю часть предмета: анализируются его внутренние линии и вершины. Напомню, что мы живем в простом



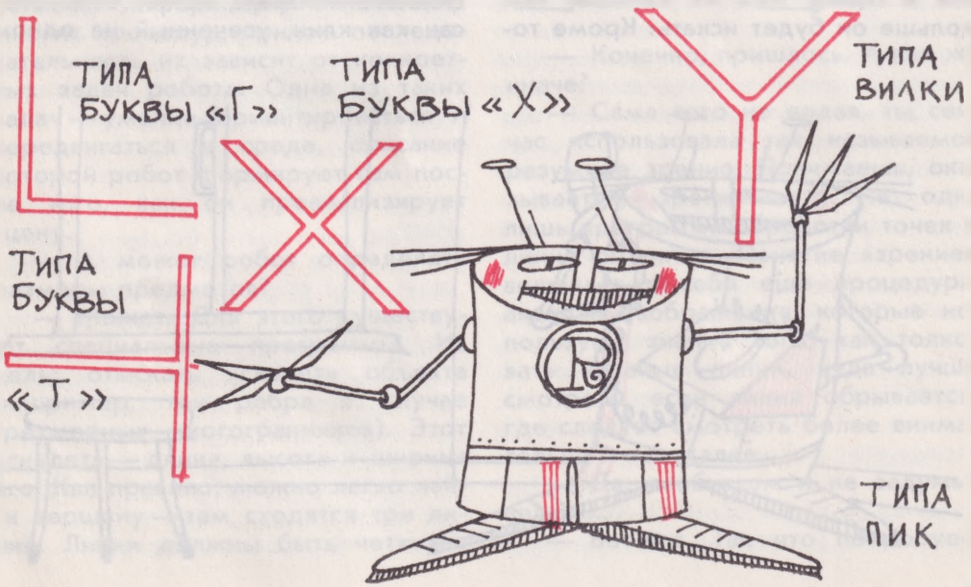
мире, среди кубиков, и здесь несколько типов вершин. Исследовав вершины и внутренние линии — ведь в его микроЭВМ заложены знания об изображениях,— зрительная система робота определит тип объекта и его форму. Например, предмет, изображенный на рисунке, система машинного зрения может определить как тело, имеющее форму буквы «Г».

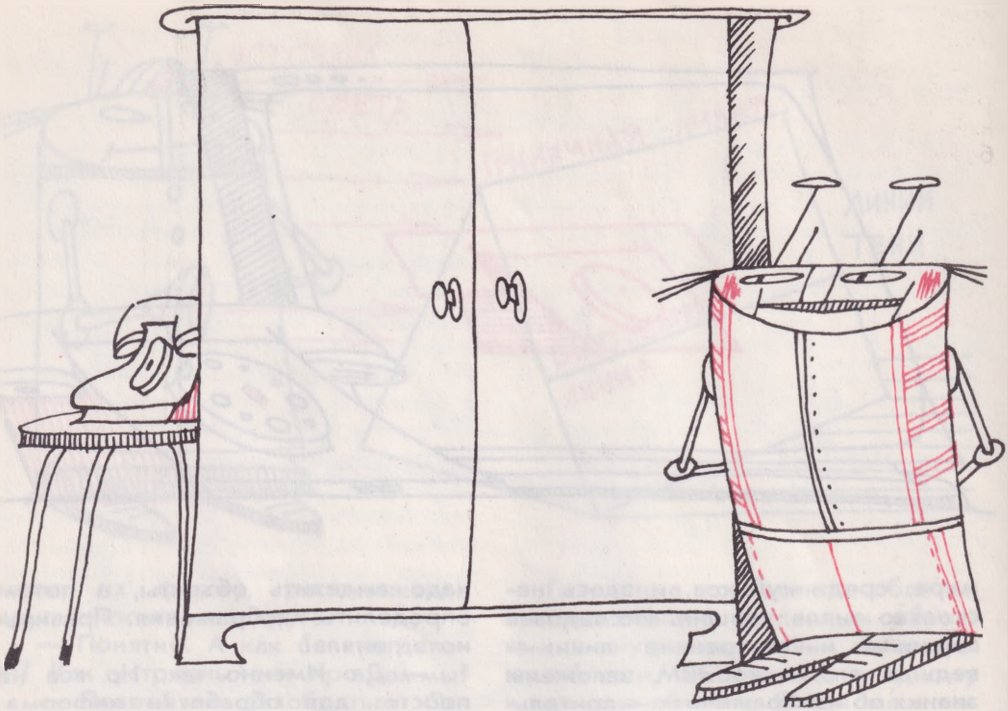
— Выходит, для анализа сцены надо выделить объекты, а потом определить изображения. Правильно я поняла?

— Да. Именно так. Но все не просто: для обработки информации при таком анализе нужно проделать очень много вычислений.

— Почему?

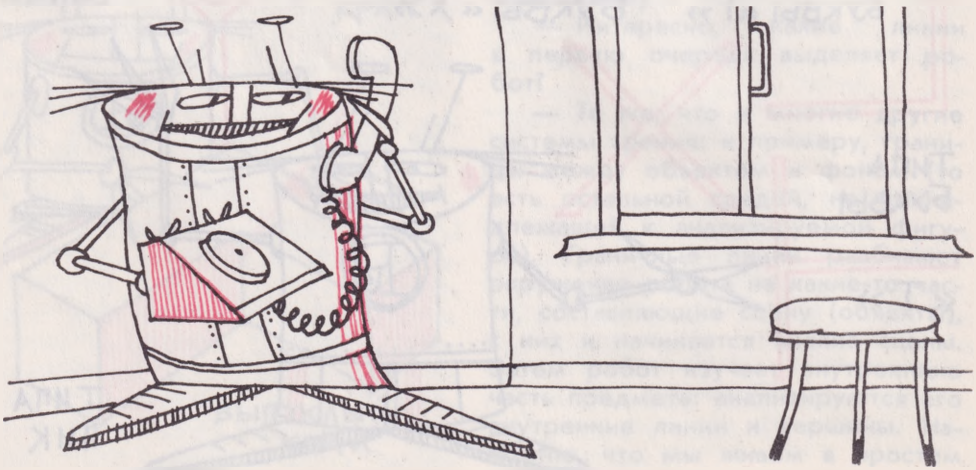
— Надо исследовать (и причем довольно быстро) все множество точек и линий изображения какого-то объекта, а ведь их очень много!





— Давай-ка зададим роботу задачку,— решила вдруг Настя.— Пусть поищет, есть ли в этой комнате телефон? Долго он будет ее решать?

— Это зависит от числа объектов в сцене. Чем их больше, тем дольше он будет искать. Кроме того, задача на узнавание — вообще трудная задача. Ведь нужно уметь сопоставлять найденное изображение с описанием обобщенного изображения, которое хранится в памяти. Сложные предметы, как правило, состоят из простых. Вид телефонного аппарата может быть описан как клин, усеченный на одном



краю, с цилиндрической трубкой — на другом.

Помогают распознавать объекты также их определенные характерные признаки: цвет, фактура, особенности формы.

— А как быть, если в поле зрения робота несколько объектов? Ведь они могут и загораживать друг друга, что тогда?

— Главная трудность при этом — тени, отбрасываемые одними телами на другие. Это очень мешает распознавать объекты.

— Почему?

— Так ведь граница тени образует на изображении дополнительные линии! Их надо как-то отличать от «полезных» линий, характеризующих форму предмета. Но иногда и тень может быть полезной — давать дополнительную информацию. Например, по виду тени можно определить выпуклые и вогнутые участки предмета. Когда анализируют тени, иногда управляют освещением: переключая несколько источников света, удается наиболее полно выявлять тени и изучать их.

— Да-а-а, непростое это дело — видеть!..

— Так оно и есть. Система зрительного восприятия робота обрабатывает информацию с помощью многих процедур, причем последовательность их зависит от конкретных задач робота. Одна из таких задач — умение ориентироваться и передвигаться в среде, описание которой робот формирует сам после того, как он проанализирует сцену.

— А может робот определять размеры предметов?

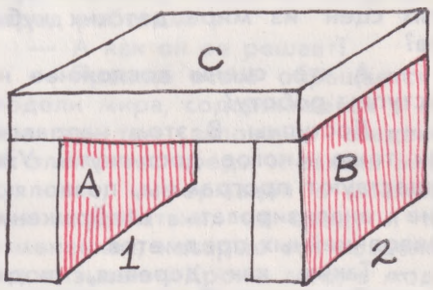
— Может. Для этого существуют специальные программы. Их цель: отыскать «скелет» объекта (например, три ребра в случае трехмерных многогранников). Этот «скелет» — длина, высота и ширина его. Как правило, можно легко найти вершину — там сходятся три линии. Линии должны быть четкими, чтобы можно было правильно оценить размеры.

— И всегда удается отыскать эти три линии?

— К сожалению, нет. Отдельные части объекта могут быть закрыты другими частями, вот как, например, в случае изображения арки, состоящей из трех частей: верхней — С и двух нижних — А и В. Как, по-твоему, сможет робот определить размеры нижней части А?

— Не знаю. Изображение линии 1 полностью не видно. Но я бы нашла решение и без этого: ведь части А и В одинаковы, а у В все линии видны четко.

— Все правильно. Но тебе пришлось при этом провести кое-какие дополнительные рассуждения, верно? Говоря строже: процедуру дополнительных рассуждений...



— Конечно, пришлось. А как же иначе?

— Сама того не ведая, ты сейчас использовала так называемое разумное зрение. Понимаешь, оказывается, зрение — это не одна лишь программа обработки точек и линий объектов. Понятие «зрение» включает в себя еще процедуры анализа изображения, которые используют знание того, как толковать неясные линии, куда лучше смотреть, если линия обрывается, где следует смотреть более внимательно и так далее.

— Да, я об этом и не задумывалась...

— Вот-вот. Так что попробуем

теперь понять, как зрительная программа способна определить размер части А. Вот шаги «рассуждений» этой программы:

1) Надо посмотреть, не является ли А частью некоторой группы тел? Действительно, А — опора для С наряду с частью В.

2) Выдвигается гипотеза: так как А и В — опоры С, то А и В являются одинаковыми.

— А это может быть и не так?!

— Конечно. Поэтому программа проверяет свою гипотезу, ищет ответ на ряд вопросов: однотипны ли объекты А и В, одинаковы ли их видимые размеры? Если да — гипотеза принимается. Ведь и ты на самом деле поступила точно так же.

— Вот здорово! С таким зрением робот нигде не пропадет!

— Ты разве забыла, что мы разбирали возможность анализа простых сцен из мира детских кубиков?

— А что, сцены посложнее не доступны роботу?

— Доступны. В этом направлении тоже многое достигнуто. Уже существуют программы, позволяющие анализировать изображения криволинейных предметов.

— Таких, как деревья, люди?

— Да, таких. При этом приходится решать так называемую проблему контекста. Ведь некоторым изображениям предметов при первоначальном восприятии можно приписать несколько значений. Например, круг может означать: солнце, мяч, глаз, отверстие.

— Не понимаю. Откуда вдруг взялось столько значений?!

— Дело в том, что в память зрительной системы заложены «словари» обобщенных описаний предметов. Например, стола, стула, шляпы. Сопоставляя изображение предмета с описанием в словаре, система находит значение изображения. А таких сопоставлений может быть несколько. Обобщенное описание предметов дает критерий, по которому определяется, принадлежит ли, к примеру, данный предмет к классу шляп или нет.

— Ясно. И как же выбирать нужное значение изображения, если в словаре нашлось несколько значений?

— Чтобы правильно «опознать» объект, надо воспользоваться дополнительной информацией: исследовать изображение окружающих предметов. Это и есть контекст. Например, если недалеко от «круга» распознаны нос или уши, то этот «круг» наверняка означает глаз. Другими словами, выбирается то значение изображения, при котором все множество объектов (вся сцена) будет согласовано между собой.

— Хорошо, вроде бы разобрались. А скажи, робот может различать цвета?

— Может. Это ведь одна из существенных черт объекта, и роботу необходимо уметь распознавать цвета. В систему зрения робота входят специальные программы различения цвета, которые обрабатывают информацию от системы светофильтров. Свет, отраженный от объекта, проходит через красный, зеленый и голубой фильтры; по их характеристикам и определяется цвет предмета. Так что робот вполне может выполнить команду: «Положи большой зеленый куб в красную коробку».

— Но разве для этого роботу нужно лишь зрение? — спросила Настя.

— Нет, конечно. Понадобится еще одна способность, самая важная,— умение планировать свои действия и выполнять их. Любая система с целенаправленным поведением должна уметь это делать.

— Почему?

— А как иначе достичь цели? Не ждать же удобного (но случайного) стечения обстоятельств, так можно прождать очень долго. Да и

не всегда при этом цель будет достигнута. Лучше всего самому воздействовать на среду. Как? Оптимальный вариант: предварительно составить план возможных действий, то есть осуществлять процедуры планирования.

— Выходит, если знаешь, какова твоя цель, остается раз и навсегда спланировать действия, а дальше — живи себе припеваючи.

— Ну уж нет. Сам по себе правильный план не обеспечит достижения требуемой цели. Ведь в нем невозможно учесть все особенности среды, в которой действует робот, и ее возможные изменения. А из-за этого реальные результаты могут сильно отклониться от ожидаемых.

— И что тогда? Как быть?

— Надо постоянно корректировать план действий прямо по ходу его выполнения.

— А кто это делает?

— Особые программы, ответственные за планирование и управление действиями робота в процессе выполнения плана. Они определяют, что должна делать каждая подсистема робота на определенном отрезке времени, проверяют результаты выполнения и выявляют причины отклонения реальных результатов от ожидаемых. Основу таких программ составляют уже знакомые тебе решатели задач.

— Припоминаю... Слышала кое-что... Но как они устроены у робота?

— Что ж, сейчас самое время завести речь об этом: ведь роботы без решающих систем будут вести себя очень примитивно, а в сложной среде с таким поведением им не выжить. Помнишь, мы говорили о решателях задач, когда разбирали проблему поиска в игровом лабиринте? Посмотрим теперь на них с другой стороны — со стороны поведения роботов. Именно решатели задач составляют план действий робота. Получается это так.

Пусть поначалу, при составлении плана, робот существует в рамках, как говорят, некоторой совокупности фактов, имеющих отношение к цели его действий. Это исходное (или начальное) состояние. Аналогичное целевое состояние — все факты, описывающие цель робота.

Например, в задаче о путешествиях из пункта А в пункт В исходное состояние — нахождение его в пункте А. Или если поставлена задача: собрать башню, то целевое состояние — вид башни, которую надо построить.

— Что ж тут такого? Все как в обычной школьной задачке... Начальное состояние — это «дано». Целевое — «требуется доказать». Вот и все.

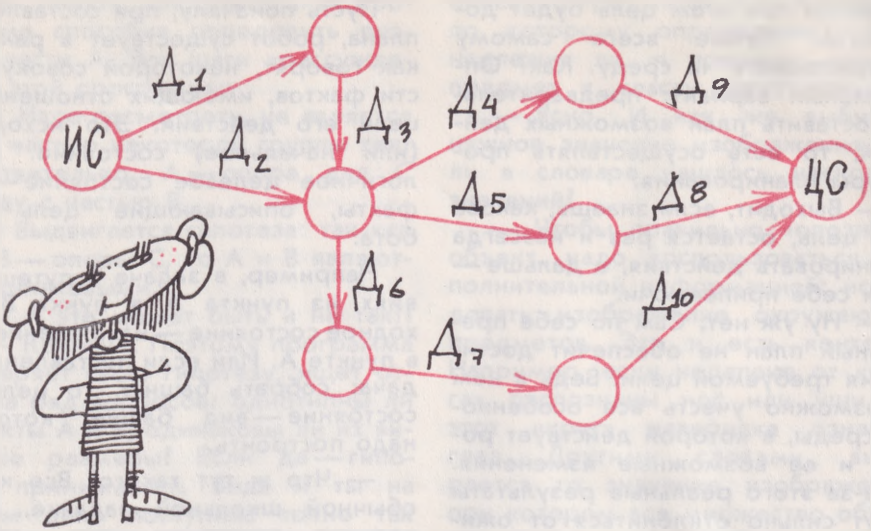
— Правильно. Так же как перед школьниками, ставится задача и перед роботом.

— А как он ее решает?

— Прежде всего обращается к модели мира, содержащейся в его памяти,— там заложены сведения об элементах среды и связях между ними, информация о возможных воздействиях на среду и тех изменениях, которые эти воздействия вызывают. Кроме того, в модели мира, которой пользуется решатель, имеются так называемые деревья решений. Вот как они выглядят (см. стр. 52). Вершины дерева — состояния, а дуги помечены символами $Д_1$, $Д_2$ и другими. Это названия определенных действий. В самом деле, перейти из одного состояния в другое можно, лишь осуществив указанное на дуге действие. При планировании решатель задач ищет в дереве решений путь от вершины, помеченной ИС (исходное состояние), к вершине ЦС (целевое состояние).

— А если таких путей несколько?

— Что ж, робот выбирает лучший, руководствуясь своим пред-



ставлением о том, что лучше, а что хуже. Давай-ка вспомним задачку про банан, которую решала обезьянка Сулейка. Как ты думаешь, роботу она по силам?

— Не знаю... Если он «соображает», то, может, справится...

— Это дело решающей системы. Мы же, люди, должны четко сформулировать задачу, исходя из понятий начального и целевого состояний. Хочешь попробовать?

Настя призадумалась. Конечно, надо вспомнить поточнее все про Сулейку и банан. Так, обезьяна была в клетке, на потолке там висел банан, а в углу стоял ящик — как «подсказка».

— Может, сказать, где были банан, обезьянка и ящик...— неуверенно начала Настя.

— Правильно. Начальное состояние здесь — это совокупности таких фактов:

местоположение банана — точка А;
местоположение робота — точка В;
местоположение ящика — точка С.
А что в этой задаче цель, сообразишь?

— Дотянуться и схватить банан.

— Согласна. Значит, целевое состояние здесь однозначно: местоположение банана совпадает с местоположением «руки» (манипулятора) робота. Сам он способен выполнять такие действия:

— изменять свое местоположение, то есть двигаться из одной точки плоскости в другую;

— брать предметы и ставить их;

— залезать на предметы и слезать с них;

— держать объект в своей «руке».

Пользуясь имеющимся деревом решений, а еще описаниями начального и целевого состояний, решатель задач робота построит такую последовательность (то есть план) действий:

1) переместиться из точки В в точку С;
2) обхватить ящик;
3) держать ящик манипулятором;
4) переместиться из точки С в точку А;
5) поставить ящик в точке А;
6) залезть на ящик;
7) схватить банан;
8) держать банан;
9) слезть с ящика.

Проверь, правильно ли робот спланировал свои действия?

— Дай подумать. Так: подойти к ящику, взять его, передвинуть к

банану, залезть на ящик, дотянуться... Вроде правильно... Стоп. Вот что не очень ясно... Целевое состояние у нас какое? «Местоположение банана совпадает с местоположением манипулятора». А план заканчивается действиями «держать банан» и «слезть с ящика». Почему?

— Хороший вопрос. Действительно, решатель задач должен обязательно проверять, достигнута ли в результате действия цель или нет. Так, в нашем плане восьмое действие порождает желаемый результат: банан — в «руке» робота, а это совпадает с целевым состоянием!

— Значит, цель достигнута? Зачем же тогда девятое действие?

— Вот молодец, что заметила! Тут срабатывает еще одна цель, существующая помимо непосредственной, насущной — это тоже планирует решатель робота.

— Что это за цель?

— Давай подумаем. Как по-твоему, почему, схватив банан, обезьяна слезает с ящика?

— А к чему ей сидеть на ящике? Лучше ведь бегать по полу...

— Вот-вот, и роботу тоже. На ящике положение робота менее устойчивое, чем на полу. Достигнув поставленной цели, робот стремится вернуться в более устойчивое положение, которое обеспечивает его сохранность. Поэтому-то появилось еще одно действие в плане. Как видишь, робот стремится достигнуть несколько целей сразу. И в жизни это бывает часто.

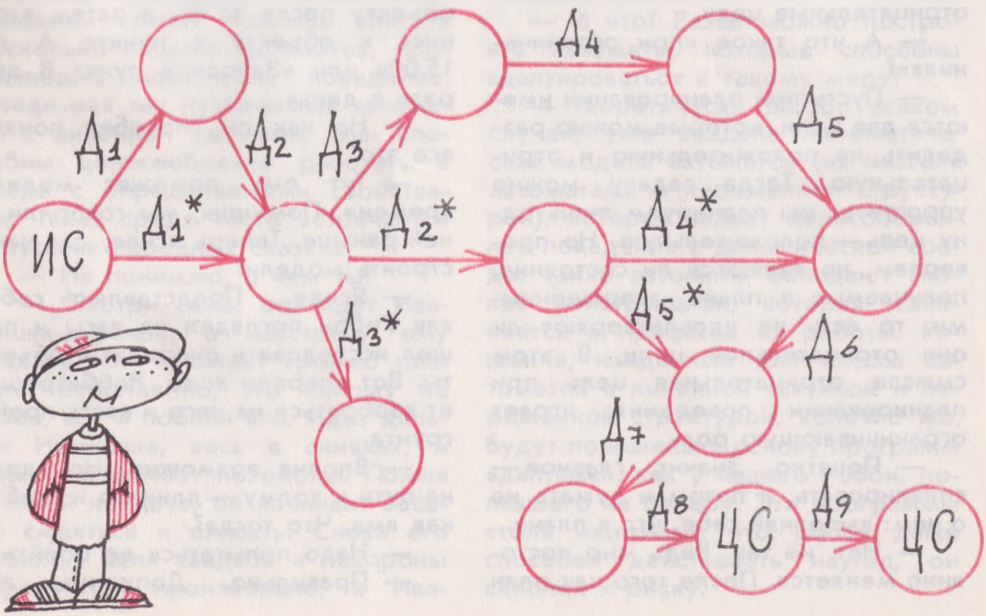
— А какие цели у робота Робби на Венере?

— С одной стороны, исследовательские, а с другой — внутренние (в частности, цель самосохранения). Робби изучает окружающую среду планеты, но «не забывает» и о том, чего нужно избегать: чрезмерного истощения источников энергопитания, близкого приближения к трещинам и обрывам, действий, приводящих к потере равновесия, и другое.

— Что же будет делать Робби, если источник питания начнет истощаться?

— Вернется на станцию и подзарядится.

— Выходит, он будет ходить взад-вперед?



— А как иначе? У него есть внутренняя цель: избегать походов длиннее, скажем, полутора часов. Чтобы сохранить себя, он будет следовать ей.

— Все-таки непонятно, как спланировать свое поведение, чтобы достичь всех целей?

— Все зависит от степени их важности или от срочности. Когда надо планировать ситуацию со многими целями, требуется работа сложной вычислительной системы. Но, к счастью, в этой проблеме существует важный частный случай, решить его значительно проще. Это случай, когда цели можно разделить на два класса: так называемые положительные и отрицательные цели. Отрицательные — это состояния, которых надо избегать при достижении положительной цели.

— Получается, что цель самосохранения оказывается отрицательной?! Так я поняла?

— Это вопрос терминологии. Когда решают задачу планирования с несколькими целями, так удобнее различать цели. Тогда при планировании надо учитывать положительные цели при каких-то ограничениях, которыми становятся отрицательные цели.

— А что такое «при ограничениях»?

— Пусть при планировании имеются две цели, которые можно разделить на положительную и отрицательную. Тогда задачу можно упростить: мы планируем лишь одну цель — положительную. Но проверяем, не являются ли состояния, получаемые в плане, запрещенными, то есть не удовлетворяют ли они отрицательной цели. В этом смысле отрицательная цель при планировании поведения играет ограничивающую роль.

— Понятно. Значит, главное — спланировать, а потом и думать не о чем: выполняй себе, что в плане...

— Нет, не так. Ведь мир постоянно меняется. После того как план составлен, робот начинает выполнять его, а при этом нельзя оказываться в запрещенных состояниях.

— А откуда им взяться, раз он все просчитал и предусмотрел?

— Человеку-то не все ситуации известны заранее, не то что роботу. Например, в описании начального состояния может не быть сведений о яме, которая будет помехой движению из А в В. То есть яма не учитывается в плане. Начинает робот выполнять план передвижения из А в В, наткнется на яму, которую, быть может, только что вырыли...

— И что тогда?

— Снова надо планировать, с учетом этого нового факта.

— Что же получается, бесконечное планирование? И шагу ступить нельзя без него?

— В сложной обстановке, где многое изменяется, в так называемой динамической среде без этого не обойтись. Кроме того, надо вести учет времени, поскольку состояния среды меняются во времени.

— Значит, робот еще и время тебе измерять должен?

— Это было бы неплохо, вот если бы он мог правильно выполнять команды типа: «Перейди к другому объекту после 11.00, а затем вернись к объекту в пункте А до 15.00» или «Заходи в пункт В два раза в день».

— Но как он способен понять все это?

— Тут ему поможет модель времени. Помнишь, мы говорили о ней раньше. Теперь яснее, для чего строить модели?

— Яснее... Представляю себе, как Робби поглядел на часы и пошел исследовать очередные объекты. Вот впереди холм. Робби решает взобраться на него и взять пробу грунта.

— Вполне возможно. Но вдруг на пути к холму — длинная и глубокая яма. Что тогда?

— Надо попытаться ее обойти...

— Правильно. Допустим, ав-

томат начнет искать способы обхода. Пойдет налево. Но яма очень длинная, и вот через какое-то время, не обнаружив ее конца, он вернется в исходную точку, пойдет направо. Но что, если в этом направлении не видно, где ее можно перейти? Робби вновь возвращается...

— Что же ему теперь делать?

— Вовремя сменить цель!

— Отказаться от пути к холму?

— Да. За установкой целей и их сменой следит так называемая программа адаптации. А умение приспосабливаться (то есть адаптироваться) к изменяющимся окружающим условиям — одно из важных свойств живых организмов.

— А у Робби есть такое свойство?

— Оно ему крайне необходимо. Правда, создать алгоритмы адаптации сложно, и до конца эта проблема пока не решена.

— А все-таки можно узнать, как удалось автомат научить этому?

— Впервые решение проблемы адаптации применительно к автоматам предложил советский ученый Михаил Цейтлин. Он разработал математическую модель поведения автомата, приспосабливающегося к условиям среды. Удалось описать несколько классов автоматов, проявляющих адаптивное поведение. Среди них так называемые автоматы с линейной тактикой. Они способны целесообразно работать в среде с определенными свойствами. Такая среда часто встречается в русских народных сказках.

— Не понимаю, о чем ты?

— Смотри сама. Вот идет Иванушка-дурачок, а навстречу ему свадьба. Он начинает громко плакать. Естественно, это никому не любо, вот и побили его. Идет дальше Иванушка, весь в синяках, и вскоре встречает похороны. Помня о своей неудаче, он начинает весело смеяться и плясать. Снова его побили... Если свадьба и похороны чередуются произвольно, а Иванушка-дурачок не может сделать выводов из своего поведения, на его долю выпадают и счастливые и несчастные минуты. Как уменьшить долю несчастливых минут? Как, по-твоему, Настенька?

— Наверное, зависит от того, что чаще: свадьбы или похороны. А еще надо научиться правильно реагировать на состояние среды. Но для этого надо уметь переключать свое состояние в зависимости от него. Например, если побьют, не обязательно тут же изменять свое состояние. Здесь очень важно умение обучаться.

— А что бы делал автомат в ситуации, как у Иванушки?

— Автоматы с линейной тактикой решают эту задачу прекрасно, так что в заданном интервале времени получат минимальное наказание.

— А как быть, если среда то и дело меняется и заранее неизвестно, как именно?

— Так и бывает в реальном мире. Задача выживания (так называемая динамическая адаптация) в нем гораздо сложнее, чем задача адаптации в стационарной (неизменной) среде.

— И что? Разве можно построить автоматы, которые способны адаптироваться к такому миру?

— Теоретически да. Во всяком случае, уже создана математическая модель автоматов (их назвали автоматами с переменной структурой), которая задает целесообразное поведение в динамической среде. Такие автоматы обладают гибкой конструкцией, которая изменяется в процессе их работы. Решения, найденные для класса автоматов с линейной тактикой и переменной структурой, конечно же, будут положены в основу программ адаптации, как у нашего Робби, попавшего на Венеру. Эти программы столь «хитрые», что робот даже способен действовать наугад, он склонен к риску.

— К риску?! Зачем? Он же может погибнуть!

— «Желание» рисковать может быть минимальным, а стремление к новому и любопытному даже полезно... Кроме того, порой лишь такое поведение способно вывести автомат из тупика. Иначе он попадет в положение Буриданова осла, помнишь эту притчу?

— Вообще-то помню.

— Осёл этот, как рассказывал французский философ Буридан, был большой любитель поразмышлять. Из-за этой своей склонности он и сдох с голоду, хотя справа и слева от него были охапки сена.

— Это почему же?

— Беда с ослом случилась оттого, что охапки были совершенно одинаковы и лежали на одном и том же расстоянии от его морды. Формально у него не было оснований предпочесть одну охапку другой.

— Понятно. Значит, для осла все доводы «за» и «против» были абсолютно равны?

— Вот-вот. Люди в таком случае выбирают один из вариантов наугад. Это же свойство должно быть и у робота, так в ряде непредвиденных случаев он сможет сохранить себя.

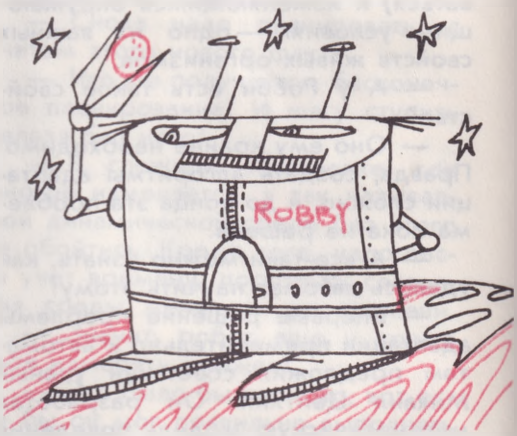
— Да, не просто роботу в сложной среде. А все-таки он молодец, действует!

— Конечно, кое-что он умеет. Но пока далеко не все. Вот сейчас, например, пока мы с тобой во всем разбирались, Робби добывал для нас новую информацию.

— Какую?

— Сейчас узнаем. Вызывай его на сеанс связи. О чем бы ты его спросила, Настя?

— Робби, привет! Как там у тебя, на Венере?



— Наблюдаю непрерывные вихри. Передаю свои данные. Что скажете, жду указаний.

— Сделай снимки.

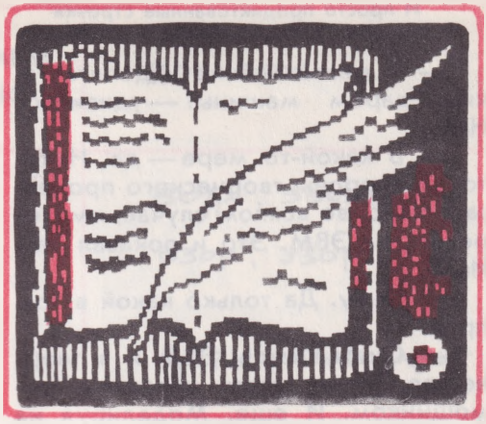
Чтобы справиться с этой задачей, Робби придется самому спланировать последовательность соответствующих действий и выполнить их...

А мы тем временем отправимся дальше и заглянем к нашему Игосу. Что он там без нас поделывает?

ГЛАВА

ПЯТАЯ,

В КОТОРОЙ РАСКРЫВАЕТСЯ ИСКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ТАЛАНТ: СПОСОБНОСТЬ К ТВОРЧЕСТВУ



А Игос, оказывается, был занят важным делом. Когда мы подошли поближе к экрану, увидели там странные строчки:

— позади цветок алеет
— — — белеют
— — — лед
— — — славит
— — — лукавит
— — — придет.

— Что это, Игос? — спросила Настя.

— Как что? Стихи... Вот только никак не подберу нужное слово в первой строчке.

— Ах как интересно!

— Что ты сказала? «Ах»? Этого слова мне как раз и не хватало! Смотри, что теперь получается:

Ах, позади цветок алеет
И ясноглазые белеют.
Отточенный спокойно лед,
Как тень, прозрачно утро славит,
И зыбкий музыкант лукавит.
Прозрачно-бледная придет.

— Ну и абракадабра!

— Тебе не нравится? А я пытался создать из моей памяти знаний, выводов, предложений нечто такое... лиричное. Значит, неудачно, по-твоему?

— Ничего, конечно. Только не совсем понятно.

— А воображение у тебя на что? Ладно, попробую сочинить другие стихи. И посвящу их тебе, хочешь?

— Хочу.

Игос снова занялся делом, пытаясь подражать тому, что издавна занимало человечество. В самом деле, как выразить себя, как рассказать о мире, который я впитала в тысячецветных образах — радуг, снов, радостей, страданий, надежд... Один из выходов: написать об этом. Стремление запечатлеть какой-то миг иногда может увенчаться успехом. Так создаются новые ценности: иной взгляд на вещи, новая форма, свежая идея, яркий образ...

Чудо творчества.

В чем оно? Может, вот в этом:

Бывает так: какая-то истома;
В ушах не умолкает бой часов;
Вдали раскат стихающего грома.
Неузнанных и пленных голосов
Мне чудятся и жалобы и стоны,
Сужается какой-то тайный круг,
Но в этой бездне шепотов и звонов
Встает один все победивший звук.
Так вкруг него непоправимо тихо,
Что слышно, как в лесу растет трава.
Как по земле идет с котомкой лихо...
Но вот уже послышались слова
И легких рифм сигнальные
звоночки,—
Тогда я начинаю понимать,

И просто продиктованные строчки
Ложатся в белоснежную тетрадь[1].

— А разве можно наделить таким даром машины? — удивилась Настя.

— В какой-то мере — да. Некоторые стороны творческого процесса можно, во всяком случае, имитировать на ЭВМ. Это и показал нам Игос.

— Вижу. Да только какой в том прок?

— Оказывается, ЭВМ и в творчестве может стать неплохим помощником. И еще. Моделируя на машине те или иные стороны творчества, можно глубже проникнуть в его механизмы, а значит, полнее познать самих себя.

— А как все же машина пишет стихи? — спросила Настя.

— Рассказать?

— Ага.

— Для начала постараемся узнать, что минимально нужно ЭВМ, чтобы получились хоть какие-то стихи.

— Хорошо бы знать, как вообще устроено стихотворение, так?— заметила Настя.

— Конечно. Вот его схема: грамматика + метрика + рифма + семантика.

— Что-то я не помню, что такое метрика.

— Ну как! Вспомни-ка Пушкина: «Мой дядя самых честных правил,/Когда не в шутку занемог...» Каким размером написан «Евгений Онегин»?

— Ямбом, кажется.

— Верно. Размер стиха — это и есть метрика. Как ты, наверное, слышала, есть и другие размеры: хорей, анапест, дактиль, гекзаметр. Метрика определяется тем, как чередуются ударные и безударные гласные в строке.

— А семантика?

— Это — суть, смысл. Ясно, что роль у нее огромная,— она ведь будит воображение. Можно сказать, что для стиха семантика — это грамматика плюс воображение читателя! Вопрос сам по себе очень интересный, но относится он скорее к психологии. Пойдем-ка дальше. Посмотрим, как можно устроить программу сочинения стихов. Представь, что мы — ее создатели. С чего начнем?

— А мне почем знать?

— Хорошо, давай строить такое стихотворение: из одного подлежащего, одного сказуемого и нескольких определений и обстоятельств. В соответствии с этим создадим словарь, которым будет пользоваться наш автоматический «поэт». В него может входить несколько сот различных слов разного рода, числа, времени.

— А как же программа их отличает?

— Для этого словарь состоит из четырех разделов. В первом разделе — существительные и местоимения, являющиеся подлежащими. Во втором — прилагательные и притяжательные местоимения, которые в предложении играют роль определений. В третьем — глаголы, служащие сказуемыми, а в четвертом — наречия и существительные с предлогами, которые могут быть обстоятельствами места, времени, образа действия.

— Ух ты! Здорово!.. А что дальше?

— Это еще не все. Каждое слово в этом словаре сопровождается информацией о метре (размере), рифме и грамматике. Информацию о метре задают два числа: количество слогов в слове до ударения (обозначим это как $С^{до}$) и количество слогов в слове после ударения ($С^{после}$). Ну, сколько слогов в слове, если известны $С^{до}$ и $С^{после}$?

— Конечно, $С^{до} + С^{после}$.

— А про ударный слог забыла?

[1] Анна Ахматова. Тайны Ремесла.— В сб.: Бег Времени.— Минск: — Мастацкая літаратура, 1983.— С. 149.

№ правила	Правила рифмования, используя гласные	Примеры
1	А, Я	ВОДА, ЗВЕЗДА
2	О, Ё	ВЗОР, УЗОР
3	У, Ю	
4	Ы, И	ДАРЫ, БЛАГОДАРИТ
5	Э, Е	

— Ой, кажется, забыла... Значит, $C^{до} + C^{после} + 1$?

— Вот теперь правильно. Кроме того, в словаре для каждого слова указаны его грамматические характеристики: род, число, время. Род в этом словаре имеет четыре значения: мужской, женский, средний и безразличный.

— Как это — безразличный? — удивилась Настя.

— Ну, скажем, безразлично, какой род у глаголов настоящего времени: он читает, она читает, оно читает. Слово «читает» ведь для всех родов пишется одинаково. Понятно теперь? А скажи, сколько значений, по-твоему, может иметь число?

— Единственное. Множественное... Может, и здесь тоже — безразличное?

— Тоже. И наконец, и у времени в этом словаре четыре значения: прошедшее, настоящее, будущее и безразличное. Для слов из первых двух разделов оно безразличное. Например, слово «море» употребляется во всех временах одинаково, правда?

— Похоже, что так.

— А для глаголов множественного числа безразличен род.

— Понимаю, лебеди или там чайки одинаково летают.

— Да, с точки зрения грамматики — одинаково. Теперь разберемся, как лучше представлять информацию о рифме. Для слов с мужской и женской рифмой ее задают разные правила.

— Ну вот, а я и не знаю, что такое мужская рифма. Не то что женская!..

— Ничего, не расстраивайся. Понять это легко. Если ударение в слове падает на последний слог, рифма мужская, а если на предпоследний слог — женская. Вот известные пушкинские строки:

Гони́мы ве́шними луча́ми,
С окре́стных гор уже́ снега́
Сбежа́ли му́тными ручья́ми...

— Ой, вижу! «Луча́ми» — это женская рифма, «снега́» — мужская. Так?

— Ну конечно! Посмотрим, как эти рифмы сочетаются друг с другом. Считаем, что два слова с мужской рифмой рифмуются, если их последние слоги можно отождествить, используя правила в таблицах. Эти таблицы введены в память машины, их и использует программа «Поэт», когда требуется отобрать рифмующиеся слова с ударением на последнем слоге.

— А что с женской рифмой?

— Такие слова рифмуются несколько сложнее. Но для них тоже есть правила. Они не такие уж

№ правила	Правило рифмования, используя согласные	Примеры
6.	Б, П	лоб, поп
7.	В, Ф	снов, сов
8.	Г, К	бег, век, человек
⋮		
10.	З, С	
11.	Ц, ТС	
⋮		
14.	Л	
15.	М	ком, дом
16.	Н	стон, сон
⋮		
27.	СТЬ	совесть, повесть

сложные, но могут показаться тебе нудными. Не буду их приводить.

— Ну почему же нудными? Чем это женские рифмы хуже мужских?..

— Что ж, тогда поехали... Каждое слово с женской рифмой можно охарактеризовать тройкой чисел (k m n). При этом k — номер ударной гласной из таблицы 1; m — номер согласной из таблицы 2, следующей за ударной гласной; а n — номер класса окончания данного слова... Ну как, жива еще?

— Посмотрим. Вот только про классы окончаний я что-то еще ничего не слышала...

— Естественно, мы ведь не успели о них и слова сказать. Тут вот что ученые напридумали: все окончания слов в словаре разбиты на четыре класса:

1. Окончания, состоящие из гласной «а», «я», «о» или «ё». Например, плотина.

2. Окончания, состоящие из гласной «е», «и», «у» или «ю». Например, улей, ручьями.

3. Окончания, содержащие гласную «ы». Скажем, точечный.

4. Окончания, содержащие перед гласной мягкий знак «ь». Например, очертанья.

Теперь у нас достаточно информации, чтобы сформулировать не такое уж и сложное, если разобраться, правило: два слова с женской рифмой рифмуются, если соответствующие им тройки чисел (k m n) совпадают...

— Ничего себе несложное...

— Хорошо, опять возьмем пушкинский пример. В словах «лучáми» и «ручьями» имеем:

из таблицы 1 : k = 1;
из таблицы 2 : m = 15;
n = 2.

— В самом деле, все совпадает. Но ведь рифма чувствуется и без всяких чисел!

— Это ты «чувствуешь», а машине надо все растолковать в числах!

— А-а-а. И что же дальше?

— Теперь программа уже многое знает из техники стихосложения. Осталось задать еще несколько

характеристик будущего стихотворения и запустить программу, чтобы машина начала считать,— пусть «творит».

— Какие же это характеристики?

— Количество строк в каждой строфе стихотворения. Помнишь, что такое строфа?

— Это часть стиха, состоящая из нескольких строк, да?

— Правильно. Еще вот что: какое в каждой строке окончание — с мужской или женской рифмой; общее количество слогов в каждой строке; с какой строкой рифмуется каждая строка; размер стиха. Всего пять характеристик, но они описывают общую композицию будущего стихотворения. Структуру строфы обычно задают так. Женские рифмы обозначают маленькими, строчными, буквами, а мужские — большими, прописными. Тогда строфу из четырех строк можно, например, задать тремя способами рифмовки: смежная рифмовка — ААвв; перекрестная — АвАв; охватная — АввА.

— Более-менее понятно. Но почему в стихе должны быть обязательно женские и мужские рифмы? А разве нельзя так: АААА или вввв?

— Так тоже бывает, просто чередование женских и мужских рифм наиболее типично. Вот у Пушкина:

Я помню чудное мгновенье:
Передо мной явилась ты,
Как мимолетное виденье,
Как гений чистой красоты...

Структура строфы состоит из перекрестной рифмовки вАвА. Кстати, можно дать задание программе воспроизвести похожую строфу... Но это позже. Итак, мы обсудили с тобой основные средства, которые нужно вложить в программу «Поэт».

— А с чего машинный поэт начнет свою работу?

— С поиска рифмы. Он напишет по одному, последнему, слову, в каждой строчке строфы. Делается это так. Вначале из словаря берется наугад слово, обладающее заданной рифмой.

— Интересно, а как это: взять слово наугад?

— С помощью специальных программ, называемых счетчиками случайных чисел. Посмотрим, что будет дальше. К этому слову подбирается рифмующее слово, которое ставится в конец следующей строчки и т. д.

— А если в словаре не окажется рифмы для выбранного случайно слова, что тогда?

— Тогда программа возьмет другое слово.

— А само с собой слово разве нельзя рифмовать?

— Ну какие же это стихи?! Нет, этого делать не разрешается. Но вернемся к программе. Каждую строчку стиха машинный поэт сочиняет справа налево.

— Разве он пишет по-арабски?

— Нет, по-русски, просто так составлен алгоритм. Остальные слова в строке подбираются в зависимости от грамматических характеристик и от размера.

— А как?

— Пусть $C_1^{до}$ и $C_1^{после}$ характеризуют последнее слово в строке (первое, случайно выбранное,— ведь стих сочиняется с конца). Возьмем случайное слово с величинами $C_2^{до}$ и $C_2^{после}$ и проверим, годится ли оно в качестве рифмы. Прежде всего посмотрим, не превзойдет ли сумма слогов двух слов заданного общего количества слогов в строке. Если да, то слово придется отбросить, если нет, то посмотрим далее на величину $(C_1^{до} + C_2^{после})$, то есть на количество слогов между двумя соседними ударениями. Если программа пишет ямбом или хореем, то рассматриваемое слово подходит при условии, что величина $(C_1^{до} + C_2^{после})$ нечетна. После этого слово направляется на следующую — граммати-

ческую — проверку. Если она успешна, слово одобряется; если нет, программа переходит к анализу нового случайного слова.

— А для чего нужна грамматическая проверка?

— Чтобы в каждой строке слова согласовывались по роду, числу и времени. Итак, слово, успешно выдержавшее метрические и грамматические испытания, принимается в строку и приписывается слева с конца, после чего машина ищет новое слово.

— Но где же конец ее работе?

— Пока не заполнится вся строка (все заданные слоги) и, наконец, все строки стихотворения.

— А может так получиться: написана почти вся строка, осталось место лишь для одного слога. Машина бракует слово за словом и ничего не находит... Что тогда?

— Именно с такой ситуацией столкнулся наш Игос, когда мы вошли, помнишь? Он подбирал слова, и ничего не подходило. В программе для такой ситуации предусмотрено ограничение во времени, после чего на свободное место ставится какое-нибудь односложное междометие.

— А-а, вот почему внимание Игоса привлекло мое «ах»!

— Ну да, оказалось, что оно-то и подходит. Такое несложное правило тем не менее существенно улучшает композицию стиха, придает ему некоторую эмоциональную окраску.

— Удивительно! И вроде бы просто... Неужели больше ничего не надо для стихов?

— Я же этого не говорила! Речь шла о минимальных средствах, которые позволяют создать нечто похожее на поэзию. И конечно, машинные поделки далеки от настоящего произведения искусства. А впрочем, это нередко случается и в человеческом творчестве. Улучшать качество стихов можно, вводя различные эвристики, отражающие определенные закономерности стиля, ритма, эмоциональной окрашенности стихотворения.

— А в этой программе есть какие-нибудь эвристики?

— С простейшей ты уже познакомилась — это правило использования междометий. Приведу еще одну: односложные слова, состоящие из трех-четырех букв, в большинстве случаев лучше ставить на ударное место. Этим достигается особое звучание стиха. Послушай, как замечательно звучат строчки Бориса Пастернака:

И падали два башмачка
Со стуком на пол.
И воск слезами с ночника
На платье капал.

Пока мы были заняты разговором о поэзии и способе ее имитации на машине, Игос сочинял свое посвящение. Наконец экран засветился, и на нем мы увидели строчки:

Здесь нежная птица,
Здесь с нежностью взор.
Он также струится,
Мой странный узор...

— Нравится? — спросил Игос.

— Ты, конечно, не лишен дара, Игос,— сказала Настя.— Но почему так туманно? Погода пасмурная? В детстве я привыкла засыпать под строчки: «Там чудеса, там леший бродит, русалка на ветвях сидит...» Можешь придумать сказку, Игос?

Прошло некоторое время, и на экране появился текст: «...Давным-давно в некотором царстве жил-был царь. У него была дочь, красивая-красивая. Но однажды налетел дракон и унес ее. Позвал царь женихов и велел разыскать ее...»

— Неплохо для начала. Выходит, машина вполне умеет творить? — спросила меня Настя.

— По этому поводу один мой коллега однажды заметил: «Мы не можем отрицать у машины способности к творчеству, пока не скажем, что мы отрицаем». Действительно, что такое «произведение

искусства»? Точно определить никто не возьмется. Можно сказать, например, так: искусство — это нечто такое, что вызывает у человека чувство восторга и наслаждения. Чем совершеннее творение, тем сильнее чувство восторга. Так что ты сама, Настя, можешь оценить, каково творение Игоса.

— Да что-то я не очень в восторге.

— Вот видишь, значит, творчество ЭВМ пока далеко от совершенства. Но они могут быть хорошими помощниками в искусстве, а это уже немало.

— И все-таки не пойму, в чем суть машинного творчества?

— Давай разберемся. Прежде всего существуют разные программы, сочиняющие музыку, стихи, прозу. Однако им всем присуще одно общее свойство: они используют эвристики творчества. Мы с тобой знакомились с эвристиками, когда говорили о шахматах и рассматривали способы отсечения бесперспективных вариантов игры.

— Да, но что они могут сделать в искусстве? — возразила Настя.

— Многое. Эвристики в программах, имитирующих творчество, отражают опыт человечества, некоторые общие закономерности, присущие творческому мышлению. Помнишь пушкинское «Поверил я алгеброй гармонию»? Так вот, используя правила построения произведения искусства и генератор случайных чисел, можно создавать новые произведения. Мы уже видели это на примере стихов и прозы. Какие они — решать человеку.

— Со стихами вроде бы более-менее ясно. Я в одной книжке читала, как Есенин в шутку любил разбрасывать карточки с рифмующимися словами, а потом собирал их в произвольном порядке и получались забавные стихи. Мне кажется, что программа «Поэт» делает точно так же. А вот со сказками как? Там, наверное, что-то другое...

— В сказках тоже существуют свои закономерности. Советский литературовед Пропп на основе исследования структур волшебных сказок создал функциональную модель любой волшебной сказки. С ее помощью можно строить программы сочинения сказок. Одну из таких программ создали советские математики-программисты.

— Мне очень хочется узнать, как она работает. Можно?

— Конечно. Начнем знакомство с функциональной модели сказки, в рамках которой каждая часть текста играет определенную роль, другими словами — выполняет некоторую функцию.

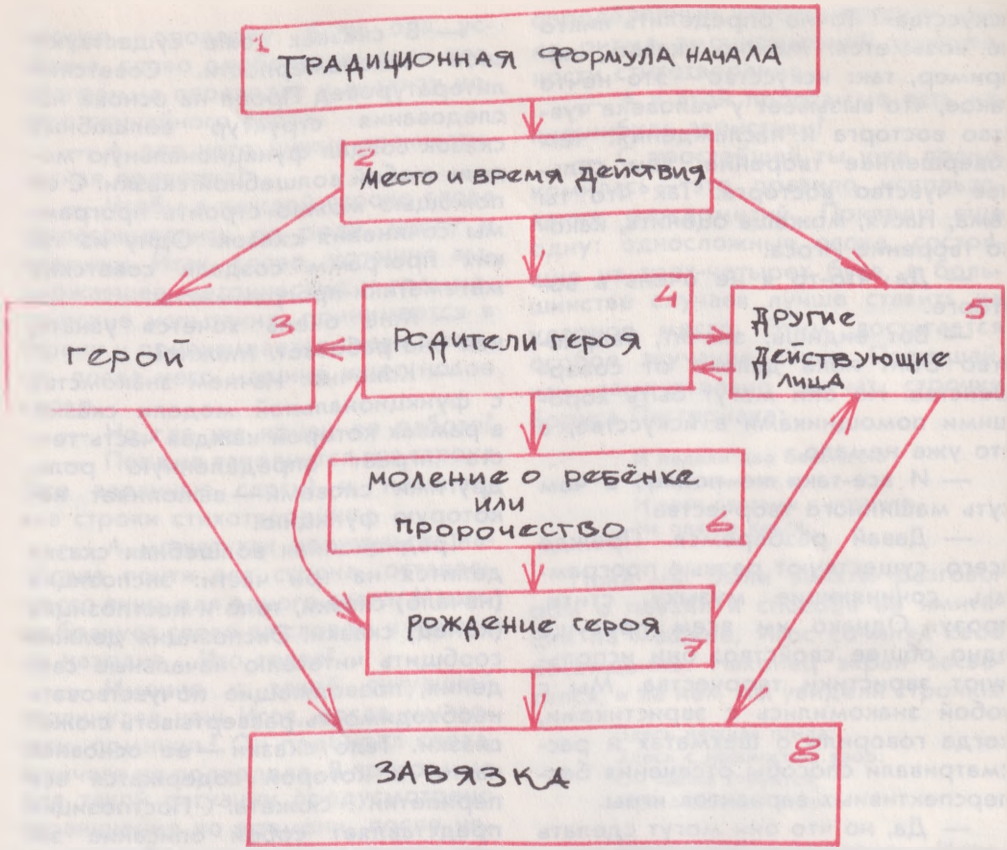
Традиционная волшебная сказка делится на три части: экспозиция (начало) сказки, тело и постпозиция (конец) сказки. Экспозиция должна сообщить читателю начальные сведения, позволяющие почувствовать необходимость развертывать сюжет сказки. Тело сказки — ее основная часть, в которой содержатся все перипетии сюжета. Постпозиция представляет собой описание заключительной ситуации. Здесь сообщается об окончании действий персонажей сказки, а также приводятся традиционные «формулы» конца типа: «И я там был, мед, пиво пил, по усам текло, а в рот не попало...»

Каждую часть сказки можно описать в виде списка типовых структур текста. Эти структуры задаются в программе определенным образом (смотри рисунок).

На рисунке восемь вершин, каждая из которых может порождать начало сказки. Если воспользоваться первой вершиной, она даст традиционную формулу начала сказки. Ну-ка, Настенька, с чего обычно начинаются сказки?

— Иногда так: «Жили-были старик со старухой...» Или: «В некотором царстве, в некотором государстве...»

— Правильно. Вообще говоря,



любой путь от вершины 1 к вершине 8 описывает одно из начал сказки. В сказке, которую нам начал было рассказывать Игос, экспозиция состоит из таких элементов: вершина 1 — вершина 4 — вершина 3 — вершина 8. Проверь, согласна со мной?

— Сейчас. «Жил-был» — это относится к первой вершине, верно? «Была у царя дочь» — это четвертая вершина, родители персонажа. Потом идет речь о дочери — это третья вершина. А «красивая-красивая» — это куда отнести?

— Туда же, к третьей вершине. Ведь здесь лишь уточняется личность героя сказки.

— Понятно. «Однажды налетел дракон...» — это похоже на завязку, то есть восьмую вершину.

— Ну, молодец! Видишь — вот по этой самой схеме Игос может конструировать различные начала сказок.

— А дальше как?

— Основное содержание сказки — тело — имеет еще более простую схему. Это — последовательность «встреч» и смысловых связок между ними, которые называют соединительными элементами. Почти любая сказка строится по принципу: герой встречается с кем-нибудь, борется или помогает ему. После чего получает от него совет или помощь либо же приобретает возможность следовать дальше. Тип встречи зависит от характера действующих лиц. Какие, по-твоему, бывают действующие лица в сказках, можешь назвать?

— Сейчас попробую. Это главный герой, добрый молодец, потом злодей, обязательно волшебник, возможно, принцесса...

— Все правильно. Давай назовем их так: герой, антигерой, даритель, помощник, награда. Между этими персонажами и происходят в сказках разные встречи.

— А что такое соединительные элементы?

— Они связывают встречи между собой. Обычно это делается довольно шаблонным способом. Например, так: «И пошел он дальше. Идет, идет, а навстречу ему...»

Заключительная часть сказки, постпозиция, состоит из награждения героя.

— Что может быть наградой герою, как ты думаешь, Настя?

— Принцесса, на которой герой женится. Или полцарства и что-нибудь в том же духе.

— Действительно, сказки обычно на том и заканчиваются. Но кроме того, сказка может содержать заключение сказочника — мораль. Она тоже имеет традиционную формулу, скажем такую:

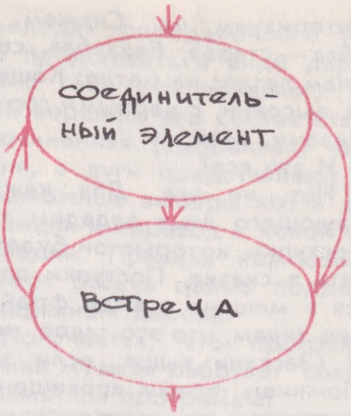
Слава, слава родной Руси!
Не скакать врагам по нашей земле,
Не топтать их коням землю русскую,
Не затмить им солнце наше красное!

В целом постпозиция сказки на схеме выглядит вот как. Мы пока разобрались с самыми общими элементами сказки. Чтобы научиться сочинять сказки автоматически, нужно уметь манипулировать и с более мелкими элементами модели сказки.

— Какие же они?

— Это действующие лица и их поступки. Если попробовать проанализировать большое количество сказок, можно заметить удивительное явление: для сказок характерен почти неизменный набор типов действующих лиц. Всех их можно разделить на две партии: партия героя и партия антигероя (враг, антипомощник, антидаритель). Ты согласна, Настя?

— Да, так ведь в сказках бывают хорошие и плохие герои.



— Ты совсем неплохо разбираешься в сказках! Несколько особняком стоит лишь прорицатель. Он обычно что-то сообщает герою или антигерою, какую-то информацию, которая дает толчок развитию сюжета сказки. Посмотрим, каковы возможные воплощения каждого типа действующих лиц. Кого, по-твоему, можно занести в список антигероев?

— Бабу-Ягу, злого колдуна, Кощея Бессмертного, ведьму.

— А в список помощников?

— Добрую фею, серого волка, зайца, щуку...

— Ну, вот мы и выяснили, кто будет действовать в сказках. Теперь

охарактеризуем их. Скажем так: Баба-Яга — старая, беззубая, седая, по ночам летает на метле; Кощей — худой, высокий, с черными горящими глазами, злой.

— И это все?

— Нет, не все. Для каждого действующего лица зададим типовые поступки, которые он будет совершать в сказке. Поступки описываются в машине в виде фреймов, мы уже знаем, что это такое, не забыла? (Загляни выше, если забыла.) Помнишь фрейм «похищение»? Мы припишем его антигерою, ведь только он способен на такой поступок. Наряду с поступками зададим встречи между персонажами. Они могут быть такие: встреча героя с антигероем, с дарителем, помощником. Каждый тип встречи опишем теми поступками, которые совершают участники встречи. Придумай, как можно охарактеризовать встречу героя с хорошим дарителем?

— Он может дать ему волшебное средство, например клубок или коня.

— А встреча с антигероем?

— Обычно она приводит к борьбе, либо к угрозам, либо к еще каким пакостям... Получается, что какой тип встретился, хороший или плохой, такой и будет исход встречи?

— Правильно. Поэтому все встречи порождаются по стандартному правилу: выбираются участники встречи и выбираются их типовые поступки.

В целом процесс сочинения сказки выглядит так. С помощью счетчика случайных чисел выбираются действующие лица сказки, их поступки, составляется начало сказки, описываются встречи, связанные между собой соединительными элементами, затем выбирается окончание — и сказка готова.

— Здорово, ничего не скажешь!

— Однако очевидно, что у машинных сказок немало изъянов: их лексика (словарный запас) довольно бедна, конструкции состоят из застывших штампов, так что до литературы тут далеко. И тем не менее первые пробы «пера» показали, что машины способны проявлять свое собственное творчество. Наступил день, когда этот родничок забил впервые. Со временем, быть может, ЭВМ «осознает» — не без помощи человека, конечно,— сколько силы таится в слове и как эту силу сделать послушной. А пока это — великий дар людей!

— Понятно. Мне бы еще хотелось узнать, что было дальше в сказке Игоса. Расскажи, Игос.

— Дальше? Ну что ж, слушай. «...Пошел и Иван искать царевну. Идет, идет, а навстречу ему голубка, плачет, причитает. Оказалось, у нее в крыле заноза. Иван вынул ее. Голубка дала Ивану волшебную лампу и сказала: «Она даст тебе все, что ни пожелаешь, стоит только промолвить «фи». Взял лампу Иван, пошел дальше...» Это пока все, что вышло. Продолжать?

— Да нет, хватит, ясно, что ты и это можешь, Игос.

Настя нажала кнопку «конец». Игос остановил работу и перешел в режим ожидания.

— Со сказками все в порядке вроде бы,— задумчиво проговорила Настя,— а как с музыкой? Я слышала, есть программы для сочинения музыкальных произведений. Что в них?

— То же самое. Есть общие закономерности сочинения музыки, по ним можно написать ряд правил композиции музыкального произведения. Правила эти носят также эвристический характер и отражают особенности человеческого восприятия музыки. Например, если отличие по высоте тона между двумя соседними звуками превысит определенный порог, человек воспримет эти звуки как резонанс, как «режущие слух». Если это отличие меняется плавно и монотонно,

звуки «ласкают слух», вызывают приятное чувство. Используя законы композиции, можно построить программу, создающую музыкальное произведение. Такие программы существуют. Среди них большую известность приобрели программы сочинения музыки советского кибернетика-музыканта Зарипова. Ему удалось сформулировать основные правила и закономерности построения музыкального произведения в виде процедур. Посмотрим, как устроена одна из его программ.

Машинное сочинение музыки складывается из трех последовательных шагов. На первом создается общая схема мелодии. На втором определяется ритмический рисунок, который накладывается на схему, и на третьем происходит окончательное звуковое наполнение схемы мелодии, так называемое интервально-высотное.

— Не понимаю, как это делается?

— ЭВМ с помощью механизма случайных чисел на каждом шаге наполнения порождает некоторую ноту...

— Как это «порождает ноты с помощью чисел»? Что-то я совсем запуталась...

— Очень просто. Например, так. Пронумеруем все ноты, введем их в память ЭВМ и пустим в ход стандартную программу случайных чисел. Счетчик случайных чисел будет выдавать какое-то случайное число, а программа будет брать соответствующую ему ноту.

— Ясно. Ну и что? А что дальше?

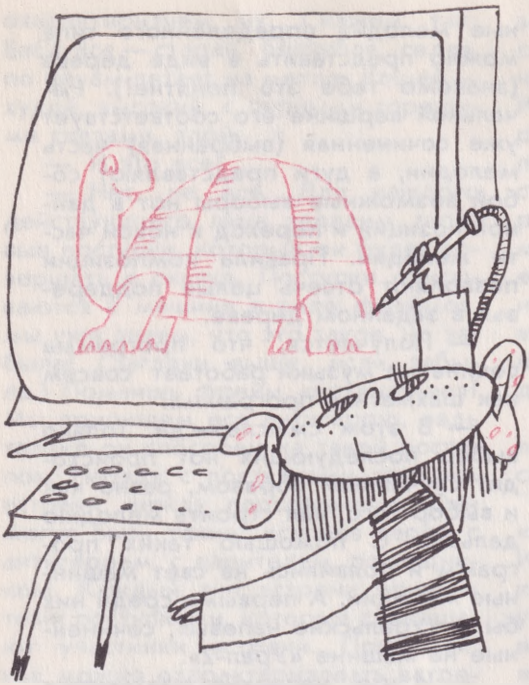
— Нота эта может быть принята или отвергнута — в зависимости от требований, которые накладывает выбранная на первом и втором шагах сочинения ритмическая схема мелодии. Как выбрать последующие ноты — это будет зависеть от мелодической схемы, образованной предыдущими нотами. Всевозможные мелодии определенного типа можно представить в виде дерева (знакомо тебе это понятие?). Начальной вершине его соответствует уже сочиненная (выбранная) часть мелодии, а дуги представляют собой возможные выборы нот в данной позиции и переход к новой части мелодии. Правила композиции позволяют отсечь целые поддеревья в заданном дереве.

— Получается, что программа сочинения музыки работает совсем как шахматная программа?

— В этом смысле — да. Только выбор последующих нот происходит случайным образом, равно как и выбор того, как строить мелодию дальше. С помощью таких программ и появились на свет машинные мелодии. А первыми среди них были «Уральские напевы», сочиненные на машине «Урал-2».

— И что, неплохие получаются машинные мелодии? — недоверчиво спросила меня Настя.

— Вполне. Не раз бывало, что слушатели не знали о «нечеловеческом» происхождении музыки и воспринимали ее как вполне нормальную. Однако машинное творчество соизмеримо с человеческим не во всех областях музыки. Пожалуй, лучше всего это проявляется в сочинении мелодий массовых песен... В остальных же случаях ЭВМ выступает лишь в роли помощника, когда надо выполнить рутинный этап творческого процесса. Оказалось, что программы моделирования музыки являются весьма удобным средством для производства «заготовок» — всевозможных вариантов отдельных фрагментов музыкальных произведений. Из множества полученных заготовок композитор выбирает подходящие и включает их в свои сочинения. Создание серии заготовок — трудоемкий, рутинный процесс, требующий большого количества времени. Поэтому ЭВМ — идеальный помощник в этом.



— Как интересно! Значит, машина может помогать композитору! А художнику она может служить?

— ЭВМ — хороший инструмент и в творчестве художников. В современных машинах есть так называемое «световое перо» и цветной монитор. Кроме того, существуют графические программы, которые позволяют создавать различные рисунки и экспериментировать с ними.

— А что такое «световое перо»?

— Это устройство, с помощью которого можно проводить линии прямо на экране. Оно позволяет исправлять изображения, корректировать их, вводить дополнения, достраивать отдельные части рисунка.

— Удивительно! А цветной монитор позволяет делать рисунок цветным, да?

— Конечно. Это — своеобразная «палитра» художника. С его помощью можно задавать и менять цвета рисунков. Для построения программ, которые умеют рисовать, существуют специальные языки программирования. Один из них — LOGO. Он используется для написания программ, создающих различные графические рисунки. Язык этот довольно прост, выучить его легко, а потом — рисуй что захочешь.

— Мне бы попробовать! Однако для начала спрошу Игоса. Игос, нарисуй что-нибудь.

— Какая симпатичная черепашка! Дай-ка я дорисую ей глазки. Тогда совсем все будет в порядке.

Настя взяла в руки световое перо и принялась поправлять рисунок Игоса.

Откуда у человека берется потребность к творчеству, понятно: это желание выразить себя, стремление найти новые формы, образы, идеи. У машины все иначе. Программы запускает человек, а значит, и потребность в машинном творчестве возникает у него же. Смогут ли ЭВМ проявить когда-нибудь собственное стремление к творчеству? На этот счет можно пока только фантазировать. Зачатком самоактивности, может быть, послужит в какой-то мере неполнота знаний, имеющихся в ЭВМ, и заложенное в нее стремление к новизне: ведь любое новое произведение или открытие порождает желание выйти за пределы стандартного мышления. А всякое мышление прежде всего проявляется в том, как его носитель умеет рассуждать.

Вот-вот мы отправимся в этот мир рассуждений. Переверни страницу, и ты увидишь, сколько разных способов суждений придумал человек и как искусственный интеллект пытается их воплотить.

ГЛАВА

ШЕСТАЯ

В КОТОРОЙ ГОВОРИТСЯ О ТАЛАНТЕ, ПРИСУЩЕМ МУДРЕЦАМ: УМЕНИИ РАССУЖДАТЬ

Обычный осенний вечер. Настя вернулась с Ленинских гор, со своего кружка.

— Что новенького? — спрашиваю.

— Изучали всяких чешуекрылых... А еще мне понравились рассуждения Дарвина. Хочешь, расскажу?

— Конечно.

— Вот послушай. Знаменитому английскому биологу Чарлзу Дарвину однажды задали вопрос: «Есть ли связь между большим количеством старых дев в Великобритании и могуществом ее морского флота?» Он подумал и ответил:

«1. Чем больше старых дев, тем больше кошек.

2. Чем больше кошек, тем меньше мышей.

3. Чем меньше мышей, тем больше шмелей (мыши — злостные враги шмелей, так как разоряют их гнезда).

4. Чем больше шмелей, тем больше клевера (шмели — основные опылители клевера).

5. Чем больше клевера, тем больше крупнорогатого скота и свиней (клевер — их основной корм).

6. Чем больше скота, тем больше солонины.

7. Чем больше солонины, тем на более дальние расстояния могут плавать корабли Великобритании.

8. Чем на более дальние расстояния они будут плавать, тем могущественнее будет ее флот».

Ну как?

— Да, рассуждения известные. И весьма забавные. Но верны ли они, как ты считаешь?

— По-моему, вполне.

— Такие рассуждения относятся к так называемым правдоподобным рассуждениям. Знаешь, какие есть вообще способы рассуждений?

— Нет.

— Умение рассуждать стало проявляться у людей, как только появился язык. Он позволяет передавать мысли, идеи, можно поделиться взглядами с партнером в беседе, уточнить точку зрения, найти истину. Совсем необязательно, однако, у людей должны действовать одни и те же модели мышления, способы рассуждения. Это в какой-то мере отражено в существовании различных языков.

— Да? А как?

— Достаточно познакомиться с языками разных народов, скажем с европейскими, восточными или с языками американских племен. Индейцы, например, могут упрекнуть европейцев в отсутствии точности мышления. Нам достаточна язы-

ковая форма «мы», а у них есть специальные выражения для случаев «я и ты», «я и они». В языке эскимосов различается много типов снега: только что выпавший снег, сильно слежавшийся, снег с дождем. В европейских языках это непосредственно не выражается.

— Ну и что? Просто европейцам неважно, наверное, знать такие подробности о снеге,— возразила Настя.

— Конечно. Но для эскимосов это жизненно необходимо. Эскимосы могут знать о снеге больше и рассуждать о нем иначе, чем мы с тобой.

— Выходит, верные суждения можно строить различными способами?

— Да. Математики с давних пор пытались создать строгие теории рассуждений, позволяющие из истинных суждений (высказываний) получать истинные. Посмотрим, чего достигли некоторые из этих теорий. Начнем с классики, с Древней Греции. В те далекие времена искусство рассуждать очень ценилось. Существовали специальные школы, в которых молодых людей обучали умению строить доводы, выступая в суде обвинителями или защитниками. Основоположником классического метода рассуждений был Аристотель (384—322 гг. до н. э.), создавший науку логику. В ней содержатся основные положения о логических формах и законах мышления. Оказывается, независимо от того, о чем говорят люди — о футболе или о физике,— они одинаково пользуются общими законами рассуждений.

— Какими?

— Да ты сама ими часто пользуешься. Вот, например, что ты скажешь об этом: все собаки умеют лаять, наша Жучка — собака, лает ли она?

— Ну, конечно, это очевидно.

— Вот мы и выяснили один из основных законов логики Аристотеля. Но давай-ка по порядку. Логика работает с двумя основными категориями: понятиями и суждениями, или высказываниями. С понятиями мы с тобой уже сталкивались, когда говорили о знаниях. Это то, что обозначается посредством слов. Например, «ваза». В понятии содержатся признаки, которые объединяют его с другими понятиями. «Ваза» как понятие связана со стеклом, с букетом цветов, с формой предметов. Или вот другой пример: понятие «человек». Такое понятие имеется во всех человеческих языках. Как, по-твоему, это понятие обозначает какого-то конкретного человека или же людей вообще?

— Ну, если известно имя человека, это, конечно, конкретный человек.

— А если неизвестно?

— Тогда просто человек, вообще.

— Верно. Так вот, в логике понятия делятся на общие и единичные. Общее понятие описывает целый класс предметов. В нашем первом примере «ваза» характеризует все вазы вообще, поскольку мы никак не уточняли, что это за ваза, и ничем ее не выделяли. Единичное понятие — это конкретный представитель, именно та ваза, которую подарили тебе на день рождения. А теперь скажи, что можно сказать о вазе?

— Как что? Да все что угодно! Например, так: «ваза разбилась».

— В самом деле, о вазе можно сказать: «ваза стоит на окне» или «ваза разбилась». Это и есть суждения о вазе, или высказывания. С их помощью устанавливается связь между понятиями. Всякое высказывание в логике оценивается как истинное или ложное с точки зрения соответствия его реальной действительности. Как ты считаешь, которое из двух суждений ложно: «коровы дают молоко» или «коровы летают»?

— Второе,— сказала Настя.

— Правильно. В ряде случаев суждения не требуют доказательств. Это происходит тогда, когда они отражают известные факты реального мира. Однако истинность некоторых рассуждений не столь очевидна, и ее надо доказывать. Обычно для этого используется схема рассуждений: «если А, то Б» или целые цепочки этих схем. Аристотель занялся изучением таких цепочек и выделил некоторые из них, которые назвал силлогизмами.

В силлогизм входят три суждения, составленные из трех понятий. Считается, что третье суждение вытекает из первых двух и связывает только два понятия. Рассмотрим следующий пример.

1. Все люди дышат воздухом.
2. Петя — человек.
3. Следовательно, Петя дышит воздухом.

Первое суждение в логике принято называть большой посылкой, второе — малой посылкой и третье — умозаключением, или выводом. В приведенном выше рассуждении, выводе, мы перенесли некоторое свойство с общего случая на частный.

— Понятно. А бывает так, что из верных суждений получается неправильное?

— Бывает. Ты сейчас сама убедишься. Возьмем такой силлогизм.

1. Все кошки имеют глаза и уши.
2. Петя имеет глаза и уши.
3. Следовательно, Петя — кошка.

Как по-твоему, третье суждение верно?

— Нет, это ерунда. Но почему так произошло? Чем второй силлогизм хуже первого?

— Попробуем разобраться, в чем тут дело. Действительно, в жизни мы редко делаем такие ошибки, даже если и не знаем законов, ограничивающих применение силлогизмов.

Рассмотрим все воможные типы суждений, входящих в силлогизм. Их четыре:

1. Все А суть Б (или данный А есть Б).
2. Некоторые А суть Б.
3. Никакие А не есть Б.
4. Некоторые А не есть Б.

Сколько силлогизмов можно получить, если три суждения в нем брать разных видов из указанных четырех?

— Не знаю. Наверное, много,— ответила Настя.

— Оказывается, общее число силлогизмов будет 256. Но из 256 силлогизмов законными являются только 24. Их назвали модусами, они-то и составляют основное содержание логики Аристотеля. Остальные 232 варианта признали недействительными.

Посмотрим теперь повнимательнее на наши примеры.

В первом рассматривается три понятия: люди — обозначим это понятие через А; дышать воздухом — обозначим через Б; конкретный человек Петя — через В. Символически первый силлогизм записывается так:

Все А суть Б.
Данный В суть А.

В суть Б.

Эта запись означает: «Если все А суть Б и если данный В суть А, то В суть Б».

Во втором примере выделяются такие понятия: кошки — обозначим через А; уши и глаза — через Б; Петя — В. Схема второго силлогизма будет следующей:

Все А суть Б.
Данный В суть Б.

В суть А.

Теперь ты можешь увидеть разницу в этих двух силлогизмах. Находишь ее?

A	B	$A \to B$	$\overline{A}$	$A \wedge B$	$A \vee B$
И	И	И	Л	И	И
И	Л	Л	И	Л	И
Л	И	И		Л	И
Л	Л	И		Л	Л

— Сейчас. Во втором В соотносится не с общим понятием А, как в первом, а с Б.

— Правильно. Так вот, первая схема является разрешенной, а вторая — запрещенной.

— Но ведь человек в своих рассуждениях вовсе не прибегает к помощи модусов!

— Естественно. Если начать поминутно проверять себя, верно ли ты рассуждаешь с точки зрения логики, сразу же попадаешь в положение сороконожки. Та однажды задумалась: «А правильно ли я передвигаю все свои сорок ног» — и больше уже не смогла сделать ни шагу. Однако логика необходима ЭВМ. Благодаря ее правилам только и можно сделать верные выводы при решении различных задач. Логикой немало занимаются и математики. В середине XIX века они всерьез исследовали логические законы мышления, начатые в древности Аристотелем. Английский математик Джордж Буль построил для своих логических рассуждений особую алгебру, которую впоследствии называли «Булевой алгеброй». Он приписал всем высказываниям два значения истинности: «истинно» (обозначим через 1) и «ложно» (обозначим — 0). И еще ввел операции над высказываниями, как в обычной алгебре.

— Какие же это операции?

— Их четыре:

1. Логическое следование (или импликация):
   пишется $A \to B$, читается «если А, то В».
2. Отрицание:
   пишется $\overline{A}$, читается «не А».
3. Объединение (или конъюнкция):
   пишется $A \cap B$, читается «А и В».
4. Разделение (или дизъюнкция):
   пишется $A \cup B$, читается «А или В».

С помощью таких операций простые высказывания можно соединить в более сложные. Например, можно составить такое высказывание $A \cup \overline{B} \to C$. Сможешь его прочесть?

— «Если А или не В, то С». Только как узнать, истинно оно или нет?

— Для этого существуют специальные правила, в которых указано, как по значению истинности А и В найти значение истинности сложного высказывания. Они показаны в таблице. Посмотри. Видишь, если А ложно и В ложно, то выражение $A \to B$ истинно. Другими словами, высказывание «из лжи следует ложь» истинно. Например, я могу сказать: «Если коровы летают, то самолеты дают молоко».

— И это будет верным? — удивилась Настя.

— С точки зрения классической логики, да.

— Ничего себе! Ну и логика! Так можно довысказываться до чего угодно!

— Не совсем. В логике существуют правила вывода, которые «следят» за тем, что ты выводишь. Только с их помощью получаются

одни истинные высказывания из других. Понятие «правило вывода» введено Булем вместо силлогизмов Аристотеля. Примером его служит так называемое правило «модус поненс», которое гласит следующее: «Если А является истинным высказыванием и если верно, что из А всегда следует В, то В является истинным высказыванием».

Так что «модус поненс» не позволит тебе утверждать, что истинно, будто «самолеты дают молоко». Ясно почему?

— Нет, не очень.

— Давай сообразим. Итак, у нас есть:

А — «коровы летают»,

В — «самолеты дают молоко» и $A \rightarrow B$ — «если коровы летают, то самолеты дают молоко».

Последнее выражение «если А, то В» истинно, это мы установили. Но известно, что А — ложно. Значит, правило вывода не работает, и поэтому В выводить нельзя. Теперь понятно?

— Да, понятно.

— Мне остается добавить еще одно. Математики установили, что существуют такие связки суждений, которые всегда истинны независимо от истинности входящих в него высказываний.

— В самом деле? Есть такие высказывания? А какие они?

— Найдены три основных логических закона, описывающих эти связи.

Первый закон — закон тождества: «Любой предмет рассуждений в ходе рассуждений не меняется, то есть остается тождественным (равным) самому себе».

Символически закон выглядит так: $A \rightarrow A$.

— «Если А, то А», правильно я прочитала? И это высказывание всегда истинно? — спросила Настя.

— Да, именно так. А вот еще два закона.

Второй закон — закон противоречия: «Недопустимо, если нечто утверждается, а потом оно же и отрицается».

Символически запись закона следующая: $A \cap \bar{A}$. Другими словами, всегда верно, что А и «не А» ложно.

И наконец третий закон — закон исключенного третьего: «В рамках логики всякое высказывание имеет одно из двух значений: либо истину, либо ложь».

Вот видишь, ты уже многое знаешь о логике. Примем теперь формулы законов в качестве аксиом, добавим к ним правила вывода — и логика готова. С ее помощью ЭВМ одна сможет выводить истинные высказывания из других.

— И можно быть уверенным, что машина не попадет в положение сороконожки?

— Думаю, что да. Но пойдем дальше. Начатое Булем исследование было продолжено другими математиками. В результате возникла целая наука — математическая логика. Она успешно развивает модель мышления, в которой рассуждения ведутся от общего случая к частному. Такая модель называется дедуктивной.

— Про дедукцию я знаю! Методом дедукции любил размышлять знаменитый Шерлок Холмс.

— Ну что ж, действительно, его способности удивляли многих...

С помощью дедуктивных моделей можно, начиная с простейших, всеобщих фактов, строить все более сложные факты. Так делается не только в логике. Например, в геометрии из нескольких аксиом, описывающих основные свойства точек и прямых, отрезков и углов, можно получать немалое количество новых фактов (теорем). Истинность этих теорем надо уметь доказывать, не так ли?

— Да, так. Только у меня не всегда это получается.

— Естественно. Приходится восстанавливать всю цепочку рассуждений. И чем длиннее эта цепочка,

тем сложнее помнить все доказательство.

— Интересно, а дедукция годится на все случаи жизни?

— Нет, конечно. Существуют и другие модели, например модель индуктивного мышления, когда новые факты возникают путем обобщения. При этом рассуждения ведутся в другом направлении — от частного к общему. В жизни индуктивные рассуждения встречаются гораздо чаще дедуктивных.

— Почему?

— Люди склонны делать обобщения.

— Например, какие?

— Да самые разные. Скажем, так: в промозглый день все дети сидят дома. Или: зимой на улицах много снега. Или: вечно ты опаздываешь!

— Ясно. Но ведь эти суждения, наверно, верны не всегда?

— Естественно, не все обобщения можно безоговорочно принимать. Времена индуктивного мышления наступили тогда, когда человек стал пытаться анализировать накопленные факты об окружающей природе и отыскивать закономерности в них. Между дедукцией и индукцией есть определенная связь. Вначале мы накапливаем отдельные факты и наблюдения, затем путем обобщения формируем свое представление о мире, их свойствах и лишь затем некоторые из этих представлений и свойств принимаем в качестве аксиом и кладем в основу дедуктивной модели. Особую роль индуктивные рассуждения сыграли в XIX веке, когда появилось большое количество эмпирических знаний, которые надо было объяснить. А в настоящее время индуктивные модели легли в основу многих систем с искусственным интеллектом.

— Ты считаешь, что логические рассуждения годны для всех случаев жизни? — спросила Настя.

— Нет, это не так. Логика — теория, казалось бы, безукоризненная — тоже дает осечки. Существуют случаи, когда она не может дать ответ: истинно или ложно некоторое суждение.

— В самом деле? Разве так бывает?

— Это заметили еще древние греки. Во времена Аристотеля в Афинах жил человек по имени Протагор. Он обучал молодых людей искусно рассуждать, выступая в суде. Один из его учеников как-то заявил, что платить деньги за обучение сразу после окончания несправедливо. А вдруг наука не пошла впрок? Ученик обещал заплатить после того, как выиграет свой первый процесс. Протагор согласился с этим условием, и время начало свой отсчет. Юноша жил себе в свое удовольствие, вовсе не думая заниматься тяжбами. Он не проиграл и не выиграл ни одного процесса, так как ему было не до них. Протагор, однако, ждал, но вот терпению его пришел конец, и он подал на ученика в суд, требуя платы за обучение. Юноша согласился принять участие в деле и решил доказать, что он не должен платить своему учителю. Это было его первое участие в процессе. Если бы он его выиграл, то, по начальному условию с Протагором, должен был бы заплатить. Но если бы он заплатил, то это означало, что он проиграл процесс. А следовательно, не должен платить. Таким образом, любое решение судей оказывалось неверным.

— Странно. История вроде бы простая, а решения нет...

— Это так называемая парадоксальная проблема, которая может возникнуть в случае появления различных противоречий в системе рассуждений. При этом возникает ситуация, в которой порождаются периодические высказывания «да — нет — да — нет...».

— И что же делать?

— Надо выходить за рамки та-

ких систем, устранять противоречия и строить другие логики — «выпустить дух дедукции из бутылки»!

— А как?

— Допустим, например, что высказывание может быть не только истинным или ложным, но и неопределенным. При таком допущении открывается большой простор для создания различных, так называемых многозначных, логик. Посмотрим, в чем их основное отличие.

До сих пор всякое высказывание мы оценивали только двумя величинами: истина и ложь. Истинное высказывание означало, что факт, содержащийся в суждении, имеет место в реальном мире, а ложное высказывание означало, что этот факт не имеет места в реальном мире.

— А что еще может быть, кроме истины и лжи? — удивилась Настя.

— Высказывание можно оценивать на множестве значений (отсюда и название таких логик — многозначные). Каждое такое значение задает определенную степень соответствия суждения реальному положению дел.

— Мне что-то не очень понятно, как это высказывание может иметь много значений истины, кроме «верное» или «ложное».

— Ты просто не обращала внимания на такие высказывания. А они встречаются сплошь и рядом. Например: «В Москве часто идет дождь». Какое это высказывание, по-твоему, истинное или ложное?

— Не знаю. Это зависит от ситуации.

— Правильно, от ситуации. И еще от того, кто ее оценивает. Одним кажется, что дождь в Москве — частое явление, другим же вовсе не так. Поэтому истинность этого высказывания неоднозначна. А вот еще пример: «Возможно, что в горах идет снег». Что можно сказать об истинности такого высказывания?

— Да кто его знает — все что угодно!

— Вот видишь, высказывания могут иметь не только два значения истинности. Более сложные логические системы уже различают такие факторы, как «правдоподобие» и «сомнительность», вместо понятия «истина» и «ложь». Можно выделить различные степени правдоподобия. Например, так: 1 — полная достоверность, 0 — полная ложь, 1/2 — неопределенность. В общем случае правдоподобное высказывание определяется как высказывание, значение истинности которого меньше единицы.

— Примеры высказываний про дождь и про снег, что ты привела, относятся к правдоподобным высказываниям, да?

— Именно так. Такие рассуждения больше всего напоминают обычные человеческие рассуждения. Математики пытаются построить модели и таких рассуждений, их называют моделями здравого смысла. Рассмотрим такой пример. Допустим, мы узнали, что наш знакомый поехал в Москву. Что бы ты могла сказать по этому поводу?

— Не знаю... Раз поехал, значит, скоро будет в Москве.

— Твое рассуждение вполне резонно. Но оно необязательно должно быть истинным на все сто процентов. А вдруг по дороге он передумал и вернулся?

— Да,— согласилась со мной Настя,— тогда можно и так сказать: «Наш знакомый поехал в Москву, но не был там».

— Действительно, и такое суждение имеет право на существование. Можно также сказать, что знакомый что-то хочет сделать в Москве. Все эти высказывания и есть рассуждения здравого смысла. Они описывают наиболее типичные и уместные с данным фактом события. Основную роль в моделях правдоподобных рассуждений играют ожидания.

— Ожидания задают, чего именно нужно ждать, да?

— Ты угадала. Ожидание есть описание ситуации, которая, судя по всему, наиболее вероятна в ближайшем будущем. Об этой ситуации может идти речь в рассуждениях. Кроме того, с каждой ситуацией в модели связывается множество действий, уместных в данном случае. Возьмем, к примеру, случай «Ваня пошел в аптеку». Какие действия, по-твоему, можно ожидать от Вани?

— Наверное, он что-то хочет купить...

— Правильно, это и будет ожиданием для конкретной ситуации с Ваней. Такое ожидание может породить правдоподобное рассуждение о том, что Ваня хочет купить лекарство. Понятно?

— Да, теперь представляю немного, что это такое — правдоподобное рассуждение.

— Описанием здравого смысла заняты не только логики. Он является неотъемлемой частью народной мудрости, содержавшейся в юморе, пословицах, рассказах и историях. Послушай, что рассказывает знаменитый восточный мудрец, странствующий дервиш Мулла Насреддин.

«Однажды Мулла нашел часы. Он никогда не видел часов и был в недоумении: интересно, что это такое? Он внимательно осмотрел их и увидел, что эта маленькая вещь щебечет. Мулла тут же повесил часы на ветвь дерева и сказал:

— Это, наверное, еще неоперившийся птенчик. Пусть оперится и улетит».

— Здорово! Действительно, здраво рассудил!

— Понравилось? Однако пойдем дальше. Давай-ка обсудим высказывания, в которых встречаются слова типа «редко», «часто», «иногда». Как быть с ними?

— Не знаю... С ними, наверное, очень сложно, можно запутаться.

— И тем не менее люди весьма успешно пользуются такими суждениями. Например: «Поскольку в январе часто бывают сильные морозы, мне иногда приходится пропускать занятия в кружке». Аналогично проводятся рассуждения с использованием слов «возможно», «вероятно», «необходимо». Истинны такие высказывания и их комбинации или нет, это проверяется с помощью так называемых модальных логик.

— Сколько же надо придумать логик, чтобы охватить все человеческие высказывания?!

— Довольно много. Но хочу заметить, что им всем присуща одна общая схема рассуждений, имеющая вид: «если то-то, то то-то». И вопрос в том, сколь истинны новые выведенные факты, содержащиеся в заключении.

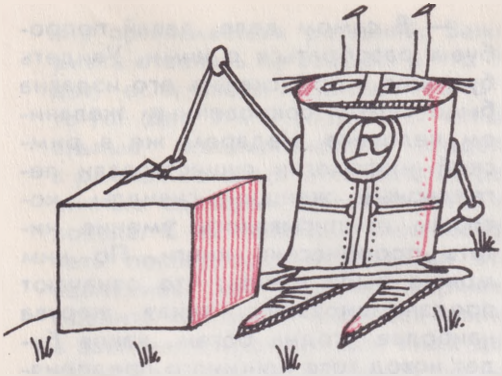
— Получается, что к таким высказываниям надо относиться с осторожностью? — спросила Настя.

— Да, условные высказывания с союзом «если, то» в разных ситуациях имеют различный смысл. Важно это учитывать. В классической математической логике этот союз трактуется как логическое следование. Помнишь, мы говорили о такой операции? Так вот, при этом высказывание «если А, то В» признается истинным, если достаточно установить истинность В или ложность А. (Посмотри таблицу.) Здесь не предполагается, что должна существовать связь между А и В. В таком случае истинными будут и такие высказывания:

1. Если $2 \times 2 = 4$, то Рим столица Италии.
2. Если $2 \times 2 = 3$, то Рим столица Италии.
3. Если $2 \times 2 = 5$, то Рим столица Англии.

— Зачем же тогда такая логика?

— У нее есть известные достоинства. Она позволяет отвлекаться от конкретных свойств А и В. Ее задача — установить и описать нор-



мы и приемы корректного рассуждения. Именно это мы и обсуждали с тобой ранее.

— А существуют случаи, когда важно учитывать связь между А и В? Как быть тогда?

— Да, бывают условные высказывания, где связь между А и В существенна. Например, в высказывании «если через проводник пропустить электрический ток, то вокруг проводника образуется магнитное поле». Эту связь можно учитывать специально, вводя, скажем, отношение причинности, или временные отношения, между А и В. Такие суждения описываются уже с помощью так называемых псевдофизических логик. Они составляют важное звено в системах искусственного интеллекта. Такую логику активно использует робот при планировании своего поведения во внешнем мире.

— А что она собой представляет, можно узнать?

— Рассмотрим одну из псевдофизических логик — логику действий. Строится она приблизительно так же, как и классическая логика, только аксиомы и высказывания у нее другие. Аксиомы описывают закономерности, которые существуют между различными физическими действиями реального мира. Приведу пример одной из аксиом. Рассмотрим следующие два высказывания:

Ф1: «Робот красит кубик в красный цвет» и

Ф2: «Этот кубик находится на полянке».

Аксиома гласит следующее: «Если деятель совершает некоторое физическое действие над объектом и если этот объект находится в месте X, то деятель также находится в месте X».

Применим эту аксиому к Ф1 и Ф2. Получим:

Ф3: «Робот находится на полянке».

— Ух ты, замечательно!

— Помнишь задачку про банан? Ее решение робот нашел с помощью такой вот логики действий. Она заложена в знания робота. Однако и псевдофизические логики не исчерпывают все приемы человеческих рассуждений. Существуют и такие, как в этом примере:

1. Книга — средство передачи мыслей.
2. Газета — средство передачи мыслей.
3. Книга служит для чтения.

4. Следовательно, газета служит для чтения.

Согласна с таким выводом?

— Да, вроде бы верно. А это что за способ рассуждения? — спросила Настя.

— Он основан на том, что книга и газета схожи между собой. Из сходства первых двух суждений вытекает сходство последующих двух. Это — рассуждение по аналогии. Всегда ли верны такие рассуждения, как ты думаешь, Настенька?

— Сейчас подумаю... А вот если такой пример придумаем:

1. Жираф — млекопитающее животное.
2. Тигр — млекопитающее животное.
3. Жираф ест траву.
4. Следовательно, тигр ест траву?..

Но это же не так!

— Молодец, хорошо придумала! Как видишь, рассуждения по аналогии не всегда верны, и надо быть внимательнее при таком выводе. В реальной жизни люди порой не заботятся об обоснованности вывода, ведь так соблазнительно получать новые факты из частных знаний! Вот и существует множество суждений, где усмотреть истину не так-то просто... Однако мы увлеклись. Мне хотелось бы поговорить еще об одном частном, но важном случае рассуждений. Он с древних времен присутствует в легендах и сказаниях...

— Какой же?

— Я имею в виду способность человеческого мозга к предвидению. Она проявляется даже в самых простых вещах. Когда ты идешь по улице и занята своими мыслями, твой мозг со слухом и зрением определяет наперед, куда делать следующий шаг и куда направляться дальше.

— Так просто? Это и есть предвидение? А как же быть с гадалками и прочими прорицателями?

— В самом деле, давай попробуем разобраться с ними. Увидеть будущее и предсказать его издавна было самым сокровенным желанием человека. Недаром же в римской мифологии существовали легендарные женщины-сивиллы, которым приписывалось умение читать пророческие книги. По ним можно было узнать, что означают предзнаменования, какая жертва наиболее угодна богам, каков будет исход того или иного предприятия. Хорошо известна тогда была троянская царевна Кассандра. Влюбленный в нее Аполлон наделил ее даром пророчества. Но, отвергнутый Кассандрой, сделал так, что ее пророчествам никто не верил. Она знала, что получится из романа, который завел ее брат Парис с женой царя Менелая, Еленой. Напрасно Кассандра предсказывала гибель Трои от опасности, таящейся в оставленном греками деревянном коне,— Троя была разрушена.

— А в самом деле, существует ли такая способность?

— Известно, что мозг человека обладает способностью в небольшой степени «предвидеть» будущее, поскольку в информации о прошлом и настоящем всегда содержится информация и о будущем. И увидеть что-либо можно только на ее основе. Однако астрологи, сивиллы и тому подобные прорицатели пытались найти информацию о будущем там, где ее нет. Они искали смысл в случайных комбинациях текстов, небесных светил, игральных карт, в снах.

— Тогда что же значит способность предвидеть будущее?

— Правильнее говорить: прогнозировать будущее. Это умение предсказывать дальнейший ход событий, основанное на четкой и строгой информации, имеющейся в распоряжении человека. Научный прогноз, однако, нужен даже не столько для предсказания, сколько для того, чтобы оценить последст-

вия принимаемых решений. Важно уметь отвечать на вопрос: а что будет, если люди сделают то-то и то-то? Для этого создаются специальные математические модели, в рамках которых описываются различные сценарии деятельности человека. С их помощью можно изучать последствия реализации этих сценариев. Так, можно, например, оценить, как будет меняться климат в зависимости от тех или иных действий человека на Земле. И тут нам не обойтись без ЭВМ. Обратимся к нашему Игосу.

— Игос, сможешь ли ты оценить последствия ядерного взрыва на Земле? Что будет с миром после?

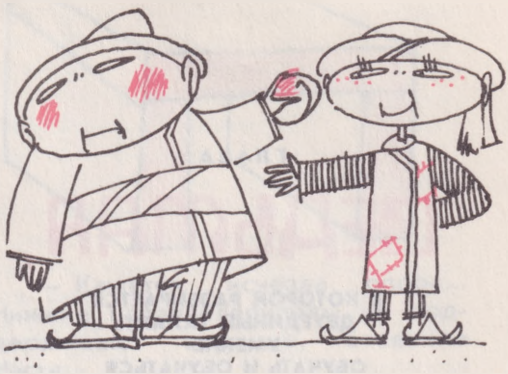
— Я просчитал все по модели «Гея». Наступит ядерная зима для человечества. Облака сажи, грунта, золы горящих городов задержат весь солнечный свет, Землю окутают холод и тьма. Все источники воды замерзнут, все экологические связи будут разорваны... Погибнет вся биосфера...

— Ну нет, Игос! Не бывать вечной ночи на Земле! — воскликнула Настя.

...Прошло некоторое время. За окном утихомирилась непогода. Ветер поутих, небо очистилось. Выглянуло солнце, и все вокруг заблистало и заискрилось. Стало радостней от такой красоты. Мы улыбнулись. Мне вдруг вспомнился забавный рассказ Муллы Насреддина, имеющий отношение к нашему разговору о логике.

«Однажды сосед Муллы возвращался из сада. Мулла заметил, что у него карманы оттопырены и сказал:

— Здравствуй, сосед. Чем ты опять набил свои карманы?



— Мулла, если ты узнаешь, что у меня в карманах, я выберу самый большой персик и дам тебе.

— У тебя в карманах персики.

Сосед рассердился:

— Какой дурак сказал тебе об этом?

— Что тебе до того, какой дурак сказал мне? Ты давай персик!»

— Я даже не подозревала, что столько есть способов рассуждений... И они такие разные,— задумчиво произнесла Настя.— Какая же логика лучше, какая дает машине больший «ум»?

— Дальновиднее всего будет соединение этих логик: ведь каждая из них восполняет недостатки другой. А все вместе они смогут обеспечить достаточно высокую степень интеллекта ЭВМ. И в этом нас убеждает поведение Игоса, не так ли?

— Да, согласна. Игос многое нам показал. А вот интересно, сможет ли он учить и учиться?

— Для этого нужно обладать способностью к обучению. Давай посмотрим, как он умеет это делать.

ГЛАВА

СЕДЬМАЯ,

В КОТОРОЙ РАЗБИРАЕТСЯ ДВУЕДИНЫЙ ТАЛАНТ: УМЕНИЕ ОБУЧАТЬ И ОБУЧАТЬСЯ

Конец дня. Гляжу в окно: темные тучи изрезаны редкими просветами, и дождь лавиной несется на город. Мы — на ВЦ. Настя увлеклась играми, и дождь ее совсем не занимает. А ко мне через окно прокралась вечерняя грусть, захотелось побеседовать с другом о чем-то самом главном, важном, несиюминутном. Машинально нажала несколько клавиш терминала...

— О чем ты хочешь поговорить со мной? — возник вдруг на экране вопрос Игоса.

— Не знаю, какие-то смутные мысли бродят внутри. Их может выразить лишь поэт:

Вновь у себя... Унижен, зол и рад.
Ночь, день ли там, в окне?
Вон месяц, как паяц, над кровлями громад
Гримасу корчит мне.

И — о чудо! — на экране мой электронный друг-собеседник высвечивает свои советы:

1) не плесневей в своей комнате и своем разочаровании;
2) не стоит биться головой о стенку;
3) умей заполнять пустоту.

— Игос, как ты смог понять? Тебе ведомо это чувство?

— Я, конечно, еще очень мало знаю. Но я учусь понимать вас, людей, и ваш мир.

— У тебя неплохо получается!

— О чем вы тут беседуете? — подошла к нам Настя.

— Да вот выясняем, способны ли машины учиться и чему?

— Ну и как, могут?

— На этот счет было много всяких споров. Противники умения машин обучаться рассуждали обычно так. ЭВМ может решать различные сложные задачи, но они не могут, например, играть в прятки — у них нет такой программы.

— Ну и что? — возразила Настя. — Маленькие дети тоже сначала не умеют играть в прятки. Они просят объяснить им, что это значит. Приходится учить примерно так: когда закрою глаза ладошками, ты добеги до угла или дерева и спрячься за ним, а я буду искать тебя.

— Ты права. Действительно, детей, способных от рождения играть в прятки, не существует. Впоследствии их «программируют», то есть обучают, другие дети или взрослые. Аналогично можно поступить и с машиной. После этого она вполне может «сыграть в прятки» доступным ей способом.

— Каким, например?

— Скажем, пряча управляемую по радио тележку.

— Интересно, а как можно обучать компьютер?

— Способность к обучению — необходимое свойство любой интеллектуальной системы. Обучаясь, система делает шаг от того, что она уже умеет делать, к тому, что она в принципе может делать, но еще не умеет. Существуют разные способы обучения: на примерах, с помощью объяснения, путем открытий, с помощью инструкций.

— Машина обучается по примерам так же, как это делает человек?

— Примерно так же. Вот представь себе, что наш Игос еще совсем маленький и мы учим его узнавать простые предметы.

— А как это сделать?

— Покажем ему вначале типичное изображение предмета, скажем арки. Заложенная в него программа обучения исследует эту картинку и выведет общее представление о том, что есть арка. Кстати, как бы ты сама определила, Настя, что такое арка?

— Арка?.. По-моему, это две колонны и балка, лежащая на них.

— Ты считаешь, обязательно колонны? А если вместо них будут параллелепипеды, это уже не арка?

— Арка...

— Вот видишь. Значит, так и надо объяснить Игосу.

— С помощью примеров?

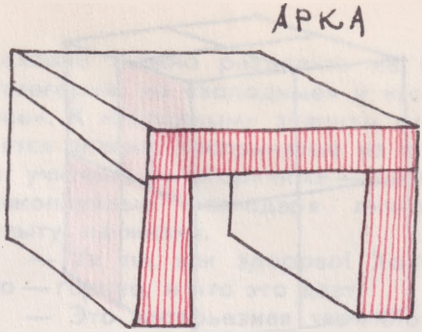
— Да. Допустим, Игос уяснил, что арка — это два стоящих параллелепипеда, служащих опорой для третьего параллелепипеда, лежащего сверху. Теперь можно уточнять это представление. Покажем Игосу те же самые объекты, из которых состояла первоначальная арка, но в ином порядке.

— Зачем же вводить программу в заблуждение?

— Напротив. В этом случае надо еще добавить, что такое сочетание объектов не есть арка.

— Ну и что?

— Тогда программа внимательнее посмотрит на второй пример и найдет основное отличие его от первого. В чем оно, по-твоему?



— Кажется, исчезла опора... Нижние параллелепипеды не поддерживают верхние, — ответила Настя.

— Верно. Программа сделает похожий вывод: отношение поддержки составляет главную характеристику понятия арки. Согласна?

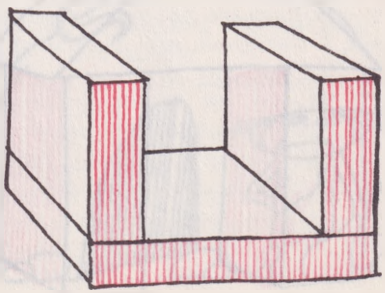
— Здорово! Это и в самом деле так.

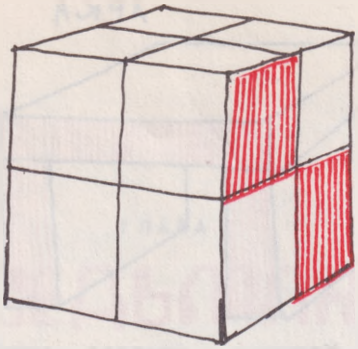
— Пойдем дальше. Покажем ей третий пример. При этом снова скажем, что это не арка. Машина начнет разбираться и с таким примером. Она выяснит, что два нижних предмета соприкасаются. Видимо, в арке этого не должно быть.

— Молодец, правильно! — воскликнула Настя. — А давай дадим ей еще один пример. Игос справится?

— Его программа обучения отметит для себя: несущественно, чтобы наверху находился параллелепипед. Так постепенно, шаг за шагом, можно научить машину узнавать то, что мы, люди, считаем аркой. Попробуй научить Игоса узнавать дома. С чего начнешь, Настя?

— С хорошего примера, как я поняла. Сейчас нарисую типичный дом и покажу ему.





— Не «ему», конечно, а «ей», программе то есть... По твоему примеру машина построит начальное, достаточно общее и грубое описание дома. Например, такое: дом — это параллелепипед с отверстиями в девять рядов. Теперь ты можешь уточнять это описание с помощью примеров. Все будет зависеть от тебя: чему ты научишь Игоса, то он и будет знать.

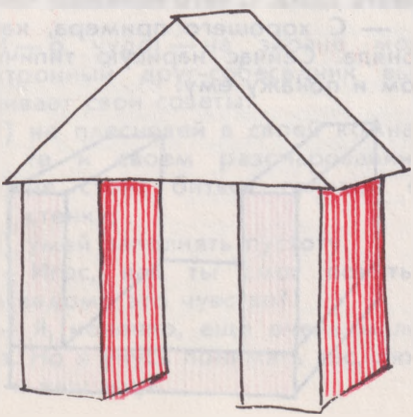
— Ясно. Тогда продолжу. Во-первых, необязательно должно быть девять рядов, потом я забыла о входной двери, да и крыша может быть вовсе не плоской.

— Вот и показывай другие примеры.

— Я готова.

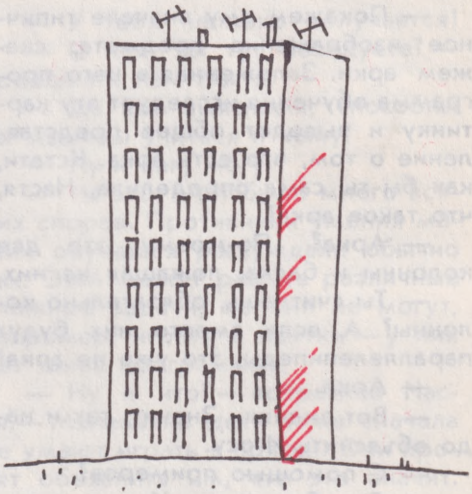
— При обучении новому понятию важно, чтобы учитель использовал как подтверждающие примеры, так и отрицающие. Забыла об этом, Настенька?

— Сейчас. А что такое «не дом»? Что-то круглое, без окон, без дверей... Показываю.

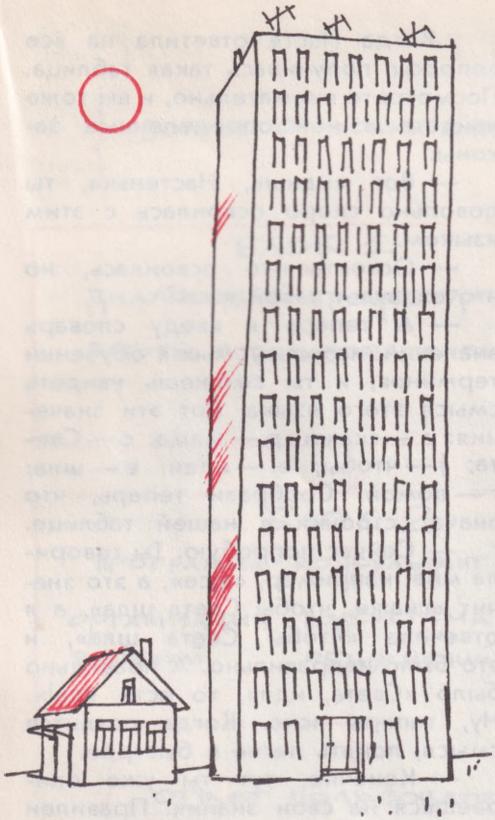


— Вот теперь программа усвоила и контрпример, что тоже очень нужно, не так ли? Но мы упустили из виду еще один случай, когда пример описывает ни то ни другое, то есть почти то, что мы хотим. Например, «почти дом». Я сейчас нарисую... Такие примеры также важны. Описание «почти того, что нужно» отличается от типичного лишь некоторыми деталями, допустим, отсутствуют некоторые несущественные характеристики.

— В общем-то, как я погляжу, обучать на примерах не так уж просто. Тоже соображать надо...



— Естественно. Ведь надо уметь выделять то важное, что определяет тип предмета. И тут без интеллекта не обойтись. Большую роль в программе обучения по примерам играют процедуры нахождения сходства и различия. Различия между описаниями направляют процесс обучения, позволяют находить ряд подробностей в описании. Обучить чему-то можно, если удается построить новое описание типа с учетом этих подробностей. В конечном счете обучение считается успешным, если программа в состоянии хорошо распознавать типы предметов.



— А вот обучение путем объяснения, как быть с ним?

— Программы, обучающиеся посредством объяснений, устроены проще, им ведь не надо решать вопрос о том, какие знания существенны и как ими пользоваться. Все это им объяснит учитель. Знания, накопленные в процессе обучения, условно можно разделить на две категории: на «холодные» и «горячие». К «холодным» знаниям относятся знания, воспринятые из книг, от учителя, а к «горячим» — знания, накопленные благодаря личному опыту, из жизни.

— Ух ты, как здорово! Холодно — горячо, и что это дает?

— Это несерьезная терминология. Но, прямо скажем, поучительная. Ведь обучение на личном опыте всегда ближе и понятнее человеку, а значит, и полезнее.

— А машине?

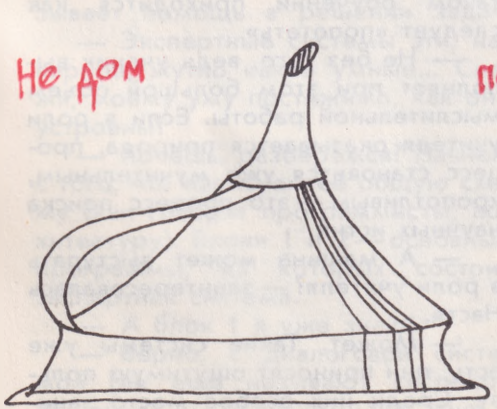
— И машине тоже. Чем сложнее способ, которым обучают машину, тем разумнее должны быть ее программы, а следовательно, и поведение.

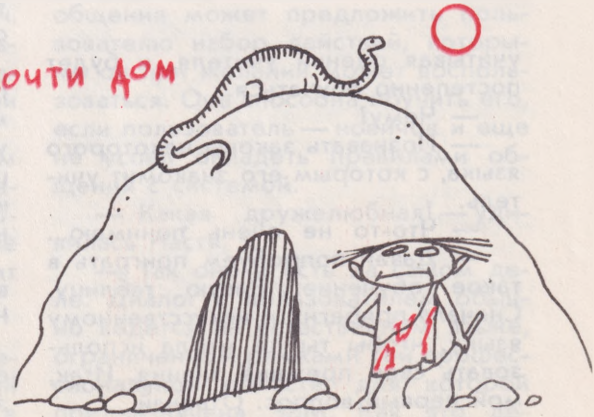
— Понятно. А какой способ обучения самый сложный?

— Пожалуй, путем открытий. Такое обучение требует всех тех способностей, которые необходимы при обучении по примерам плюс дополнительной способности.

— Какой?

— Какой?.. Допустим, обучающаяся система (неважно, ученик это или программа) общается с учителем при помощи таблицы. Учитель записывает в нее свой вопрос, ученик помещает ответ и смотрит, какую оценку ему выставляет учитель. Если «+», то ответ правильный, если «—», то неправильный. В процессе такого общения ученик,





№	Вопрос	ответ	оценка
1.	aP	aP	–
2.	P	P	+
3.	aP	P	+
4.	ac	c	+
5.	acel	l	–
6.	acel	cel	+
7.	ajce	jce	–
8.	ajcel	cel	–
9.	ajce	ajce	–
10.	ajce	cel	+
11.	ajpe	pel	+
12.	apel	pel	+
13.	acelR	celR	+
14.			

учитывая оценки учителя, и будет постепенно обучаться.

— Чему?

— Познавать законы некоторого языка, с которым его знакомит учитель.

— Что-то не очень понимаю...

— Давай попробуем поиграть в такое обучение. Рисую таблицу. Сначала прибегну к искусственному языку, чтобы ты не могла использовать свои прежние знания. Итак, мой первый вопрос. Отвечай.

...Когда Настя ответила на все вопросы, получилась такая таблица. Посмотрите внимательно, и вы тоже найдете в ней определенные законы.

— Вот видишь, Настенька, ты довольно скоро освоилась с этим языком.

— Освоиться-то освоилась, но что означает такой язык?

— А теперь я введу словарь значений, используемых в обучении терминов, и ты сможешь увидеть смысл этого языка. Вот эти значения: a — скажи; p — мама; c — Света; j — чтобы; el — идеи; e — шла; r — домой. Сообрази теперь, что значат строчки в нашей таблице.

— Сейчас попробую. Ты говорила мне, например, «ajce», а это значит «скажи, чтобы Света шла», а я отвечала «чтобы Света шла», и это было неправильно. А правильно было «Света, иди», то есть «cel». Ну, теперь ясно. Когда появится смысл, понять легче и быстрее.

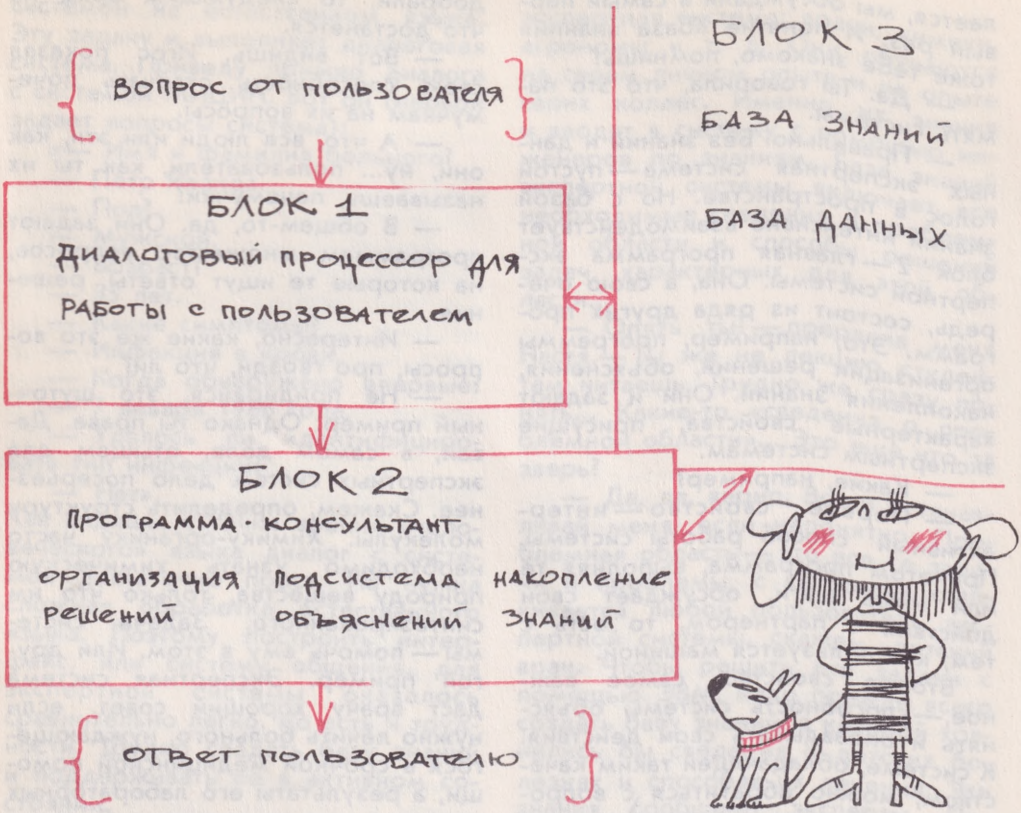
— Конечно, тут ты уже опираешься на свои знания. Правилен ответ или нет, это зависит не только от сообщения, которое непосредственно предшествовало ответу, но и от ситуации обучения в целом, а она определяется последовательностью всех вопросов, ответов и их оценок, имевших место прежде. Такой способ и есть обучение путем открытий.

— Так, кое-что понятно. Но при таком обучении приходится как следует «попотеть».

— Не без того, ведь ученик выполняет при этом большой объем мыслительной работы. Если в роли учителя оказывается природа, процесс становится уже мучительным, кропотливым — это процесс поиска научных истин.

— А машина может выступать в роли учителя? — заинтересовалась Настя.

— Может. Такие системы уже есть, они приносят ощутимую пользу. Среди них особое место зани-



мают так называемые экспертные системы. Любой обучающийся — и студент, и просто новичок в своей профессии — может наблюдать, как поступает специалист, решая трудную задачу. Помимо обучения, экспертная система выдает сведения на определенную тему, совет, оказывает помощь в решении задач.

— Экспертные системы эти, наверное, жутко какие умные... Скажи, моему уму постижимо, как они устроены?

— Хочешь, разберемся? Начнем с того, что нарисуем ее общую схему (как говорят программисты, архитектуру). Блоки 1 и 2 — основные программы, из которых состоит экспертная система.

— А блок 1 я уже знаю!

— Верно, с диалоговой системой (ее еще называют системой общения) мы познакомились еще в первой главе. Блок 1 выполняет роль хозяина системы и старается создать удобные условия работы пользователей с экспертной системой. Пользователь ищет решение своей задачи в диалоге с этим блоком, с этой программой, устраняя допущенные им ошибки. Система общения может предложить пользователю набор действий, которыми он при желании может воспользоваться. Она способна обучить его, если пользователь — новичок и еще не успел овладеть правилами общения с системой.

— Какая дружелюбная! — удивилась Настя.

— Так оно и есть на самом деле. Диалог с пользователем обычно ведется на естественном языке, ограниченном рамками той профессиональной области, для которой предназначена ЭВМ. Как это де-

лается, мы обсуждали в самый первый раз. И понятие «база знаний» тоже тебе знакомо, помнишь?

— Да. Ты говорила, что это память системы.

— Правильно. Без знаний и данных экспертная система — пустой голос в пространстве. Но с базой знаний интенсивно взаимодействует блок 2 — главная программа экспертной системы. Она, в свою очередь, состоит из ряда других программ. Это, например, программы организации решений, объяснения, накопления знаний. Они и задают характерные свойства, присущие экспертным системам.

— Какие, например?

— Первое свойство — интерактивный[1] способ работы системы. При этом программа, выполняя те или иные шаги, обсуждает свои действия с партнером, то есть с тем, кто пользуется машиной.

Второе свойство, самое важное,— способность системы объяснять и оправдывать свои действия. К системе, обладающей таким качеством, можно обратиться с вопросами: «Кто, и когда, и почему, и отчего, что было раньше, что потом, и как, и где, и для чего» — и на все эти вопросы получить ответ. Кстати, Игос способен продемонстрировать то, о чем я говорю.

Мы обратились к экрану терминала и вызвали Игоса.

— Что вы хотите решать? Жду ввода.

— Вот слушай,— сказала Настя.— «Двое пошли — три гвоздя нашли. Следом четверо идут. Много ли гвоздей найдут?»

— Скорее всего, ничего не найдут.

— Почему же, Игос? — спросила Настя.

— А вот почему. Я знаю, что гвозди на дорогах редко валяются... Поэтому если двое пошли и их подобрали, то следующим вряд ли что достанется.

— Вот видишь. Игос показал свою способность отвечать почемучкам на их вопросы.

— А что, все люди или эти, как они, ну... пользователи, как ты их называешь, почемучки?

— В общем-то, да. Они задают программам множество вопросов, на которые те ищут ответы, решения.

— Интересно, какие же это вопросы, про гвозди, что ли?

— Не придирайся, это шуточный пример. Однако ты права. Давай, в самом деле, отыщем для экспертных систем дело посерьезнее. Скажем, определить структуру молекулы. Химику-органику часто необходимо узнать химическую природу вещества, только что им синтезированного. Задача системы — помочь ему в этом. Или другой пример. Экспертная система даст врачу хороший совет, если нужно лечить больного, нуждающегося в срочной медицинской помощи, а результаты его лабораторных анализов еще не известны. Система запросит в этом случае информацию о симптомах болезни пациента, общем состоянии, о его истории болезни, о результатах прошлых анализов. После этого, быстро сориентировавшись в ситуации, она выдаст рекомендации по курсу лечения.

— И такие системы действительно есть в жизни?

— Да, и во многих областях. В медицине, например, хорошо известна система МИЦИН, способная устанавливать диагноз больного и советовать, как его лечить.

— Замечательно! Это не какой-нибудь чеховский знахарь с лошадиной фамилией...

— Конечно. Но пошли дальше. Экспертная система предназначена в помощь людям, которые не являются специалистами в программировании. Поэтому необходимо обеспечить общение пользователя с

[1] От английского слова to interact — взаимодействовать.

системой на естественном языке. Эту задачу и выполняет диалоговая система. Приведу пример диалога с системой МИЦИН. Вот он (первой задает вопросы система):

«— Имя и фамилия больного?

— Петр Иванов.

— Пол?

— Мужской.

— Возраст?

— 35 лет.

— Какие симптомы?

— Инфекция в крови.

— Когда обнаружено впервые?

— 7 января 1988 года.

— Удалось ли идентифицировать тип инфекции?

— Нет».

Как видишь, с точки зрения «человеческого» языка диалог с системой достаточно прост. Не нужна сложная обработка естественного языка. Поэтому построить интерфейс, или систему общения, для экспертной системы оказалось сравнительно легко. Но есть и трудности. Трудно создать базу знаний и поддерживать ее в активном состоянии.

— Понимаю. Это примерно так же, как и у человека, который чему-то учится, что-то постигает, чем-то овладевает, так?

— Да, наполнить базу знаний и постоянно расширять ее в дальнейшем сложно и трудоемко. В конкретной системе этим занимаются разные люди: эксперты, пользователи, программисты. Их называют инженерами по знаниям.

— Инженеры по знаниям? Странное название... Еще одна профессия?

— Да, именно так. Инженеры по знаниям — это программисты высокого уровня, создающие саму возможность построить базу знаний. С их помощью строятся основные блоки интеллектуальных систем.

— А кто такие эксперты?

— Это специалисты в конкретной области, для которой создается экспертная система: врачи, химики, агрономы и т. д. Они обучаются на своем личном опыте и на опыте своих коллег. Именно их знания и вводят в систему с помощью инженеров по знаниям. База знаний экспертной системы включает все необходимые сведения о проблемной области и способы решений задач, характерных для этой области...

— Опять ты! — прервала меня Настя.— Ты же не лекцию студентам читаешь. Трудно же сразу понять... Какие-то «сведения о проблемной области»... Это еще что за зверь?

— Да, да, верно. Вот и останавливай меня, если непонятно. Проблемная область — это все те задачи и проблемы, с которыми сталкивается любой пользователь экспертной системы, скажем детский врач. Чтобы решить его задачи с помощью ЭВМ, надо прежде всего создать базу знаний, в которой хранились бы сведения о детских болезнях и способах их лечения. Эти знания сообщают эксперты. Понятно?

— Теперь понятно.

— Как видишь, знания экспертов используют для решения своих задач многие другие пользователи. Когда база знаний системы заполнена, можно начинать работать с нею.

— А как?

— Одна из возможностей — применить так называемый способ «классной доски».

— Ну вот, и здесь классная доска!..

— Да, только в экспертной системе она совсем другая, невидимая нам. На «доске» записываются все сведения о текущих знаниях, которые есть в системе. Например, там может быть сказано, какие задачи она уже решала (и решила!), результат этого решения, какие задачи она может начать решать, где взять план действий. За «доской»

постоянно «наблюдают» программы экспертной системы. Они берут с нее сведения, запускают в ход другие программы, находят решения, а результаты выдают на доску.

— А на этой твоей «доске» система может написать «не знаю, помогите»?

— Может.

— И ей за это двойку не влепят?

— Нет. Во-первых, нечего думать о двойках, не в них дело. «Не знаю» — это лучше, чем «знаю, что не знаю», или «знаю, да не скажу», или «не знаю, что знаю...».

— Ты о чем? И о ком?

— Так, к слову пришлось... А во-вторых, экспертная система решает не только стандартные задачки, которые стыдно не уметь решать, но ищет и новые решения, неизвестные даже человеку. И здесь она порой нуждается в помощи, так что решение получается совместным.

— А как начать работу с экспертной системой? — спросила Настя.

— Если не знаешь как, нажми на клавишу «помощь» (по-английски она называется HELP). Система сама подскажет, как с ней общаться. А вообще-то с нею можно работать по-разному: в режимах клиента, ученика, учителя. Пользователь сам выбирает способ общения с машиной. Это зависит от его профессионального уровня. Специалист работает, конечно же, в режиме клиента, новичок — в режиме ученика, эксперт или инженер по знаниям — в режиме учителя.

В первом режиме система играет роль консультанта, обеспечивающего человека необходимыми сведениями. Например, в процессе приема больного врач может пользоваться услугами экспертной системы. Вот пример их содружества:

«— Найди последнюю запись в карте больного.

— Уточните, что вас интересует?

— Дата и какое лечение назначено.

— Дата последнего приема — 2.09.85., назначен сеанс физиотерапии.

— Ясно, конец».

Полученных сведений оказалось достаточно, врач продолжил прием.

Во втором режиме работы пользователь выступает в роли ученика. Система сообщает ему сведения, которые позволяют ему решить задачу. Например, она может подсказать, как найти корни квадратного уравнения или вычислить площадь треугольника, зная его периметр.

— Вот это да! Мне бы в школе такого помощника!

— Они уже есть, и называются они автоматизированными системами обучения. Ведь знания растут не по дням, а по часам, и возникла серьезная проблема: как передать все возрастающее количество знаний детям.

— Что же нам, с пеленок учиться?

— Не огорчайся. Тут тоже поможет компьютер, ребята с раннего детства подружатся с ним.

— Но как и чему может научить Игос?

— Давай посмотрим.

Мы вызвали учебную программу, и Настя погрузилась в общение с Игосом.

— Игос, хочу стать твоей ученицей. Чему будешь меня учить?

— Я к твоим услугам, показываю весь каталог тем. Выбирай.

— Так, медицина, геология, планирование, диагностика ошибок в устройствах... Не то. Электроника, физика... Эх, какая все скукота! Хотя вот это мне по душе: время-исчисление, календари. Выбрала!

— Устанавливаю контекст общения и обучения: способы измерения времени. Начинаю урок, внимание!

Человек начал исчислять время очень давно и отнюдь не из праздного любопытства. Его деятель-

ность — охота, земледелие, скотоводство — была связана с сезонами года, с изменениями погоды. На нашей широте времена года резко отличаются друг от друга, так что определить время начала посева, например, для наших предков, русичей, не составляло особого труда. А как, по-твоему, что делать в тропиках, где постоянно тепло?

— Считать время по-другому.

— Правильно. Человечеству понадобилось вести отсчет времени более точно. Отсюда возникла потребность в календаре, то есть в счетчике времени. Как тебе кажется, что могло бы служить единицей измерения времени?

— Наверно, смена дня и ночи, ведь все люди везде чувствуют это, недаром наши предки говорили: «День и ночь — сутки прочь».

— Ты права. Самой первой и самой естественной единицей измерения времени были сутки. В древних русских летописях сутки обозначались как «день и ночь», а само слово «сутки» появилось в русском языке гораздо позднее и обозначало «стык» дня и ночи. (Смотри: су-тк-и.) От суток перешли к другим единицам, более крупным: неделя (7 суток), декада (10 суток) — по числу пальцев обеих рук.

— А «год» откуда взялся?

— За год Земля делает полный оборот вокруг Солнца. С поразительной точностью могли вычислять год астрономы у майя, шумер, древних вавилонян и египтян. Древние греки переняли календарь египтян, восходящий к шумерам, у которых еще в IV—II тысячелетиях до н. э. календарь был такой же, как у нас: из 12 месяцев в году.

— А как появился «месяц»?

— Дело в том, что Луна со своими видимыми чередующимися фазами представляет собой вечный календарь, который природа повесила на небо. Недаром во многих языках мира «луна» и «месяц» обозначаются одинаковыми словами. Даю тебе задание: посмотри сегодня перед сном на небо. В каком виде предстанет перед тобой Луна? Итак, до завтра, и мы продолжим наш разговор, откуда появилась такая единица измерения времени, как «месяц».

...Мы вышли на улицу. Вокруг бурлила фестивальная многоцветная Москва. Дождь то переставал, то вновь принимался моросить, будто играл с нами в прятки. Мы долго бродили по улицам, разглядывали свой город, будто видели его впервые, вслушивались в его многоголосье.

А вечером Настя изучала небо. Ей повезло. Распогодилось, звезды высыпали на небо гурьбой, яркие, таинственные. Луна висела, будто отдельно от них, огромной долькой лимона. «Сейчас я тебя срисую»,— решила Настя...

На следующий день Настя показала Игосу свою картинку.

— Смотри, Игос.

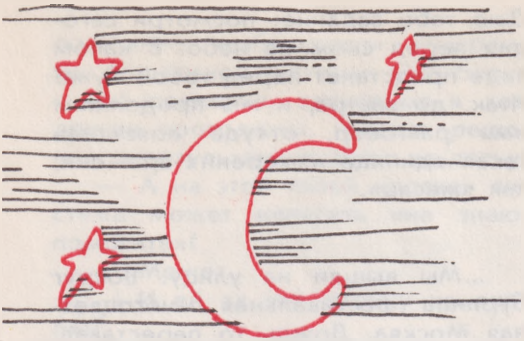
— Вижу. Луна подсказывает нам, что идет время начала месяца.

— Почему?

— Видно по твоей картинке. Сейчас объясню. Луна проходит четыре видимых на небе фазы: от серпика, молодого месяца, до полнолуния и опять к серпику. Каждая фаза — около недели. Эти четыре фазы Луны (с небольшими поправками) дают нам период времени, называемый месяцем. Первая фаза соответствует началу месяца, ты мне ее как раз нарисовала. Теперь ясно, как я догадался? Видишь, Луна сама ведет календарь, только не забывай считать.

— Понятно, а какой же месяц считать началом года?

— Начало года — условно, и у многих народов Новый год наступает в разные дни. Когда-то у римлян Новый год начинался с марта. Такое же начало года до сих пор существует у народов Юго-Восточ-



ной Азии. У нас, в России, с 1700 года Новый год по велению Петра I стали отмечать с первого января.

— И очень хорошо! Что за Новый год без Деда Мороза! Спасибо тебе.

Настя нажала на клавишу «конец», и экран погас.

— Ну что, устала? — спросила я.

— Да, глаза немного устали...

— Пойди-ка погуляй. Мы еще вернемся к нашему Игосу.

Спустя несколько дней наш разговор возобновился. Листая как-то любимую книжку про Винни-Пуха, Настя соображала, чему бы научить своего Игоса.

— В прятки с ним сыграть, пожалуй, сложно,— рассуждала она вслух,— да и в виннипуховские «пустяки» тоже. Все же надо бросать палочки, бегать на другую сторону моста, глядеть вниз, чья палочка выплывет первой... Чему же тогда? — задумалась Настя.

— Чувствам, например. Не хочешь попробовать? — спросила я.

— Чувствам?! Да разве это возможно?

— Что ты! Конечно! Уже были попытки наделить автоматы «чувствами» и «эмоциями»... Почему не развить их дальше? Можно хотя бы простейшие. Кстати, можешь сказать, какие чувства восприятия есть у человека?

— Сейчас... Зрение, слух, обоняние, осязание, вкус... всего, по-моему, пять.

— Верно. Через них человек способен в основном воспринимать внешний мир. Они отражают тепло и холод, цвет родных глаз, аромат воздуха после грозы, вкус арбуза, гладкость янтаря и дыхание моря. В какой-то мере подобные способности есть уже у роботов: например, зрение, слух, осязание. Но это не всё. У человека есть еще одно, шестое, его самый главный дар... Вот как об этом сказала Марина Цветаева, послушай:

Точно гору несла в подоле —
Всего тела боль!
Я любовь узнаю по боли
Всего тела вдоль.
Точно поле во мне разъяли
Для любой грозы.
Я любовь узнаю по дали
Всех и вся вблизи.

— Ну уж, куда этим автоматам до любви! — запротестовала Настя.— У них же нет сердца! Помнишь, в «Маленьком принце»: «Зорко одно лишь сердце: самого главного глазами не увидишь». Чувства словами нельзя выразить. А как же тогда рассказать о них Игосу?

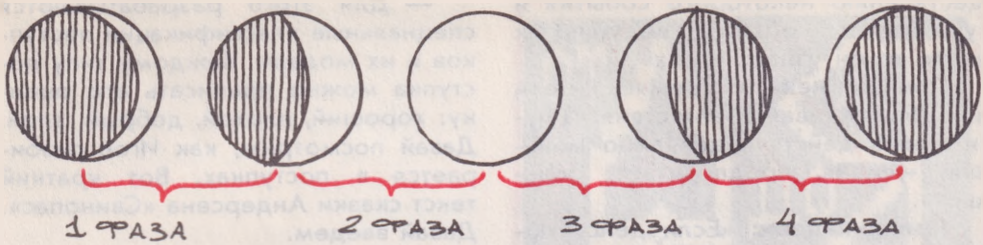
— Конечно, не все чувства поддаются описанию. И все же некоторые их черты, свойства, их, как говорят, психологические и эмоциональные стороны удается промоделировать. В разработке моделей, отражающих эмоции, стремления и поступки человека, тоже сделаны первые шаги.

— Модель эмоций? Значит, когда-нибудь Игоса научат радоваться и страдать?!

— Почему бы и нет? По крайней мере, имитировать эти чувства он вполне сможет. Вот такая ситуация вполне реальна.

Игос получил задание посчитать количество теплоты, выделившееся при сгорании 15 кг древесного угля. Прошла минута, другая — ответа нет.

— Что с тобой, Игос, почему молчишь? — спрашиваем.



— Страдаю,— появились на экране строчки.

— Почему?

— Я не решил вашу задачку...

— Ну и что?

— Как что? Я знаю, что неумение достичь поставленной цели — признак несовершенства, а в случае осознания своего несовершенства человек испытывает страдания.

— Ах, вот оно что! Не расстраивайся, Игос, мы тебе поможем. Просто в твою память надо ввести знания по физике...

Бо́льшая часть эмоций связана с поступками человека, с его деятельностью. Возникают они в различных ситуациях. Если какой-то процесс неожиданно прерывается, возникает, даже говорят «вскипает», гнев, особенно если человек нетерпелив. Как только устанавливается знание чего-то, человек ощущает радость, при незнании — беспокойство, при появлении ошибки — раздражение, при невозможности достичь цели — страдание, в момент восприятия прекрасного — наслаждение. Согласна со мной, Настя?

— Не знаю... Не думала об этом... Хотя в самом деле: не получается у меня задачка — я злюсь, а выходит — радуюсь. Но как эти чувства описать машине, не представляю...

— Что ты, вполне можно. Психологические и эмоциональные состояния можно описывать на некотором формальном языке, предложения которого выглядят, например, так: «X находится в состоянии A (радости, боли, страдания)», «X переживает A», «X желает A», «X сомневается в A», «X приятно M», «X неприятно M». Можно задать аксиомы, описывающие эмоциональное состояние действующего лица, в нашем случае — автомата. Пользуясь ими, он будет понимать и имитировать некоторые психологические состояния человека.

— Какие же это аксиомы?

— Например, такие:

1. Человек, воспринимающий явление, которое ему неприятно, страдает.
2. Человек, воспринимающий явление, которое ему приятно, испытывает удовольствие.
3. Человек отказывается от удовольствия, если оно ведет к наказанию.
4. Человек стремится обладать некоторым достоинством или проявить его.
5. Человек стремится не иметь недостатков или избегать их.
6. Человек, сознающий свои недостатки, страдает.

Добавим к аксиомам основные принципы поведения, получим модель, описывающую целенаправленное поведение. Мы с таким уже знакомы, помнишь, когда говорили про это у роботов?

— Конечно, помню — Робби. А какие бывают принципы поведения?

— Их может быть несколько.

Принцип активности: «Имея желание или цель, действующее лицо стремится ее осуществить или узнать средства для этого».

Принцип догадливости: «Если действующее лицо стремится к осу-

ществлению некоторого события и существуют события, ведущие к нему, то он узнает о них».

Принцип лени: «Стремясь к цели или обнаруживая препятствия на пути к ней, действующее лицо меньшие усилия предпочитает бо́льшим».

Принцип цели: «Если действующее лицо прилагает усилия к чему-либо, значит, он имеет цель».

— Ничего себе! И принцип лени можно задать машине?!

— Можно, если не забыть и о принципе активности.

— Выходит, что заложить в ЭВМ, такой она и будет?

— В общем-то, да.

— А как же быть с Игосом? Вдруг он станет капризулей? Или злючкой? А вдруг обидится и начнет делать гадости?

— Но ведь в наших силах создать поведение Игоса по лучшим человеческим образцам! Для этого надо только знать, как человек оценивает свое поведение и поведение других. От того или иного ответа на этот вопрос зависит то, что будет реализовано в технической системе, имитирующей целесообразное человеческое поведение.

— Как же показать Игосу, что такое хорошо и что такое плохо.

— Для этого разрабатываются специальные классификации поступков и их модели. Каждому типу поступка можно приписать его оценку: хороший, плохой, добрый, злой. Давай посмотрим, как Игос разбирается в поступках. Вот краткий текст сказки Андерсена «Свинопас». Давай введем.

— Игос, как ты определишь поступки принца?

— Сейчас, минуточку.

Через некоторое время на экране появилось следующее:

«Принц послал в подарок принцессе розы и соловья» — благородный поступок. Принц способен любить;

«Принц вымазал себе лицо черной краской и согласился стать свинопасом» — находчивый поступок;

«Принц потребовал за трещотку и горшочек поцелуи принцессы» — это весьма смело;

«Принц отверг принцессу» — гордый поступок.

— Вот это да! Здорово, ничего не скажешь!

— Во всяком случае, Игос уже многое понимает. Остальное — в будущем. Ведь способности человека до сих пор еще не измерены, а значит, и совершенствовать сотворенный ими Игос можно бесконечно...

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Вот и подошли к концу наши разговоры о талантах разумных машин.

— И все? Книжке конец? — спросила Настя.

— Этой — да, но будут и другие.

— Про Игоса?

— Про Игоса, и про Робби, и про новые создания, которые вырастут из последних достижений искусственного интеллекта и вычислительной техники. Время не стоит на месте. Оно принесет новые проблемы, сомнения, догадки и новые решения. Важно только об одном помнить: на смену сегодняшним знаниям придут новые. Представить заранее, какими они будут, трудно. Толчок к развитию разумных ЭВМ сделан, а остальное сделают будущие поколения, так что теперь слово за тобой, Настя.

— У меня остался еще один, последний вопрос,— сказала Настя.— Может ли машина стать умнее человека?

— Отвечу словами Винера: «Может. Если люди станут глупыми». Ну а если серьезно, стоит добавить, что машина всего лишь помощник своему создателю — человеку, хотя и вполне умный, интеллектуальный помощник. Все остается в его руках!

Современные ЭВМ уже внесли серьезные перемены в жизнь XX века. Они позволили человечеству подойти к решению проблем, которые раньше не поддавались решению. Сегодня с их помощью изучают структуры биологических молекул (например, вируса, вызывающего обычную простуду), законы образования звезд и протекания атмосферных явлений. Компьютеры могут дать детальнейшее представление о состоянии человеческого организма, провести лабораторные анализы, обслужить тысячи пациентов. Короче говоря, они проникают практически во все сферы человеческой деятельности. Их значение трудно даже оценить, так что за ними, несомненно, фантастическое будущее!

По просьбе Насти, дорогой читатель, оставляю тебе на память небольшой словарик по искусственному интеллекту. (Помнишь, она сказала как-то: «Помнить-то я помню, а вот когда хочу вспомнить, то забываю...» Забыл?) В словарике — основные понятия, строго сформулированные, на которые опирается эта наука и с которыми ты немного познакомился.

Вот он:

Адаптация — свойство живых организмов и автоматов приспосабливаться к изменяющимся условиям окружающего мира. (См. четвертую главу, страница 55.)

База знаний — специальным образом организованная система знаний, содержащая сведения о внешнем мире. (См. также «Модель внешнего мира», первая глава, страница 12; вторая глава, страница 24.)

Дедуктивный вывод — способ рассуждений от общего случая к частному (шестая глава, страница 73).

Декларативное знание — знание, описанное на специальном, декларативном, языке (вторая глава, страница 24).

Дерево — особый способ представления знаний, используемый в лингвистическом процессоре, решателях задач и др. (первая глава, страница 15).

Диалоговая система (или Интерфейс, или Система общения) — программа, выполняющая роль посредника между человеком и ЭВМ при обмене информацией (первая глава, страница 11).

Знание — специальное описание фактов окружающей среды, включающее описание объектов, их свойств, отношений между ними, а также правила манипулирования знаниями (первая глава, страница 10; вторая глава, страница 23).

Индуктивный вывод — способ рассуждений от частного случая к общему (шестая глава, страница 74).

Инженер по знаниям — программист, разрабатывающий средства для построения баз знаний (седьмая глава, страница 87).

Интерфейс.— См. Диалоговая система.

Искусственный интеллект — наука о том, как сделать вычислительные машины умными помощниками человека.

Лингвистический процессор (или Языковый процессор) — программа, преобразующая информацию, записанную на естественном языке, в информацию на машинном языке, пригодную для дальнейшей обработки в ЭВМ (первая глава, страница 15).

Логика — наука об основных формах и законах рассуждений (шестая глава, страница 70).

Модель внешнего мира (то же Память, то же База знаний) — описание знаний, характерных для окружающего мира (первая глава, страница 12).

Рассуждение по аналогии — специальный способ рассуждений, при котором из сходства определенной пары суждений делается вывод о сходстве двух пар других суждений (шестая глава, страница 78).

Память.— См. База знаний.

Правдоподобное суждение — высказывание, истинность которого строго меньше единицы (шестая глава, страница 75).

Продукция — способ представления знаний в виде правил «если ситуация или условие, то действие» (вторая глава, страница 30).

Процедурное знание — знание, описанное на языке программ-процедур (вторая глава, страница 24).

Решатель задач — программа поиска и выбора (по определенному критерию) варианта решения задачи (третья глава, страницы 32; 51).

СЕМП — язык, с помощью которого описывается смысл фраз естественного языка (первая глава, страница 19).

Силлогизм — специальный тип рассуждений в логике Аристотеля, в

котором по двум суждениям составляется третье (шестая глава, страница 71).

Система общения.— См. Диалоговая система.

Сценарий — фрейм специального вида для описания последовательности сложных действий (вторая глава, страница 27).

Формальная грамматика — конечный набор правил подстановок, с помощью которых порождаются правильные предложения языка (первая глава, страница 18).

Формальный язык — язык, который порождается формальной грамматикой (вторая глава, страница 23).

Фрейм — широкораспространенная модель представления знаний (вторая глава, страница 24).

Эвристики — знания, отражающие опыт и практику человека в решении задач (третья глава, страница 40).

Экспертная система — сложноорганизованная система, выполняющая функции советчика, консультанта, учителя в определенной области деятельности человека (седьмая глава, страница 85).

Языковый процессор — см. Лингвистический процессор.

К ЧИТАТЕЛЯМ

Отзывы об этой книге
просим присылать по адресу:
125047, Москва, ул. Горького, 43.
Дом детской книги.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Вместо введения 3

Глава первая, в которой проявляется такой нужный талант: умение понимать 9

Глава вторая, в которой рассказывается о новом таланте: умении представлять знания 22

Глава третья, в которой выявляется особый талант: умение играть 31

Глава четвертая, в которой проясняется небесполезный талант: целесообразное поведение 43

Глава пятая, в которой раскрывается исключительный талант: способность к творчеству 57

Глава шестая, в которой говорится о таланте, присущем мудрецам: умении рассуждать 69

Глава седьмая, в которой разбирается двуединый талант: умение обучать и обучаться 80

Вместо заключения 93

Научно-художественное издание

Для среднего и старшего возраста

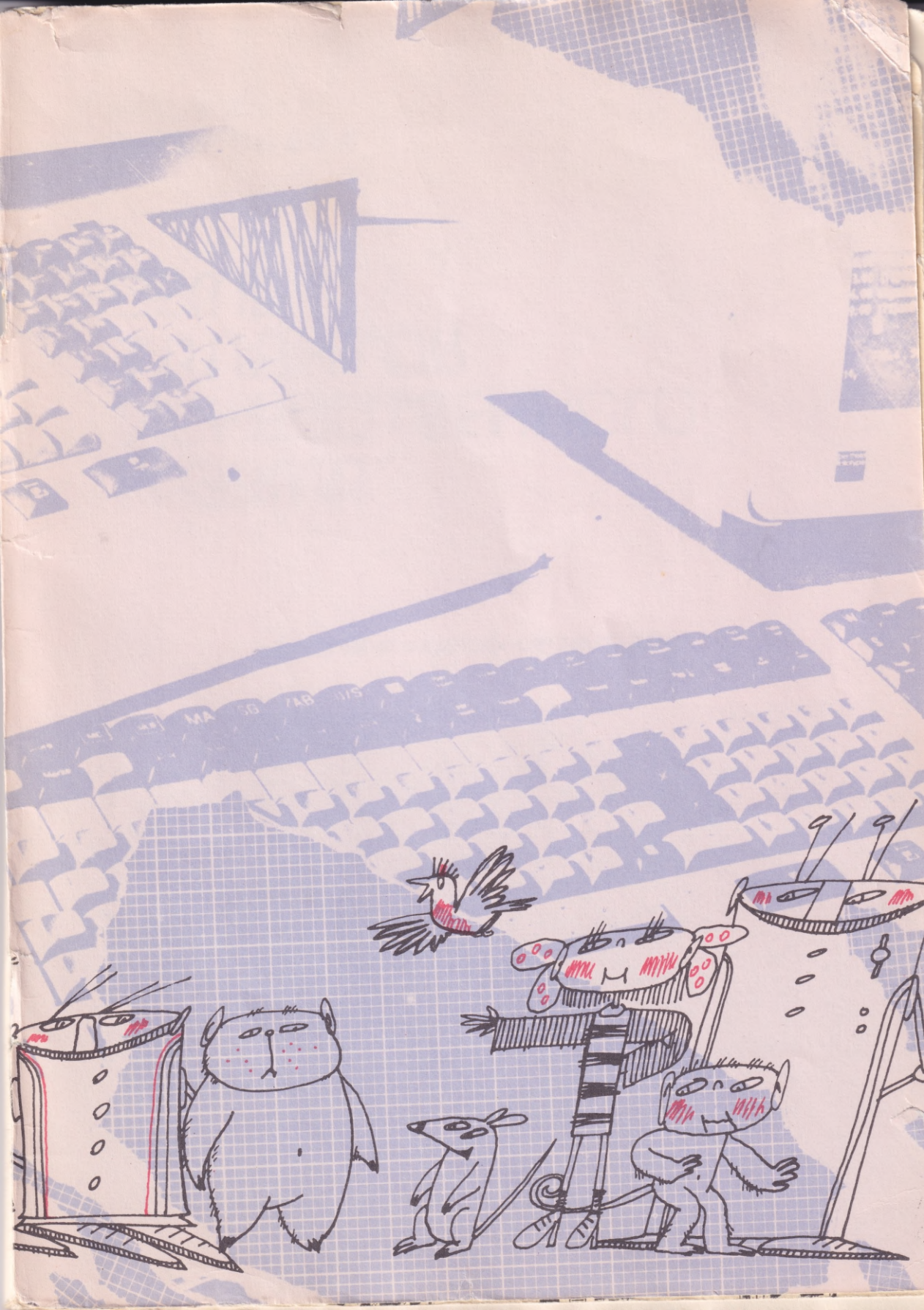
Людмила Васильевна Литвинцева

СЕМЬ ТАЛАНТОВ ИСКУССТВЕННОГО РАЗУМА

Ответственные редакторы *В. И. Болотников, Е. В. Ющенко*
Художественный редактор *В. П. Тогобицкий*
Технические редакторы *Е. П. Кудиярова, И. С. Круглова*
Корректоры *Г. Ю. Жильцова, А. П. Саркисян*

ИБ 10200

Сдано в набор 17.04.89. Подписано к печати 25.10.89. А 07959. Формат 70×100$^{1}/_{16}$. Бум. офс. № 1. Шрифт журн.-рубл. Печать офсетная. Усл. печ. л. 7,8. Усл. кр.-отт. 16,9. Уч.-изд. л. 8,09. Тираж 100 000 экз. Заказ № 2714. Цена 40 к. Орденов Трудового Красного Знамени и Дружбы народов издательство «Детская литература» Государственного комитета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 103720, Москва, Центр, М. Черкасский пер., 1. Калининский ордена Трудового Красного Знамени полиграфкомбинат детской литературы им. 50-летия СССР Госкомиздата РСФСР 170040, Калинин, проспект 50-летия Октября, 46.



40 к.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ДЕТСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»